METROLOGIA INDUSTRIAL

Apostila

31/03/2017

MUNDO MECÂNICO TREINAMENTOS E TECNOLOGIAS

ANTENOR VICENTE – (Compilação)

METROLOGIA INDUSTRIAL

Ficha Catalográfica

http://gredes.ifto.edu.br/wp-content/uploads/PalestraIII-1-INMETRO.pdf
http://www.qualidadeaeronautica.com.br/PRINCIPALdimensional.htm
http://www.ipemsp.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=266
http://www.oficinadanet.com.br/artigo/871/normas_gerais_de_medicao_-_metrologia
Starret Instrumentos de medição
DEM/UFRJ Flávio de Marco/José Stockler
Mundo mecânico – www.mundomecanico.com.br
Prof. Eduardo.J Stefanelli – www.stefanelli.eng.br
adilsonrusteiko.com/exercicios/goniometro.pdf
http://blog.ceime.com.br/erros-de-medicao-ii/
http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/mecanica.php

MM - BRASIL
Mundo Mecânico Treinamentos e tecnologia
Minas Gerais

Autor:
Antenor Vicente (Compilação)

Sumário

1 – Terminologia da metrologia..... 04
2 – Algarismos significativos..... 07
3 – História da metrologia..... 10
4 – O sistema métrico decimal..... 13
5 – O sistema inglês..... 15
6 – Grafia dos nomes e símbolos do S.I..... 18
7 – Transformações de unidades..... 20
8 – Normas gerais de medição..... 23
9 – Régua graduada e trena..... 25
10 – Paquímetros..... 31
11 – Micrômetros..... 47
12 – Réguas de controle..... 61
13 – Esquadros de precisão e gabaritos..... 63
14 – Relógio comparador..... 68
15 – Goniômetro..... 77
16 – Réguas e mesas de seno..... 80
17 – Instrumentos eletrônicos de medição..... 84
18 – Normas de calibração ISO/IEC 17025..... 94
19 – Conversão de unidades..... 96
20 – Caderno de exercícios..... 97

1. TERMINOLOGIA DA METROLOGIA

Metrologia: A ciência que trata das medições é a metrologia. A metrologia abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia.
Medir, entretanto, é uma atividade mais corriqueira do que parece. Ao olhar no relógio, por exemplo, você está vendo no mostrador o resultado de uma medição de tempo. Ao tomar um táxi, comprar um quilograma de carne no açougue ou abastecer o carro no posto de gasolina, você presencia medições. Mas o que é uma medição?

Medição: Existe uma imensa variedade de coisas diferentes que podem ser medidas sob vários aspectos. Imagine uma lata, dessas que são usadas para refrigerante. Você pode medir a sua altura, pode medir quanto ela "pesa" e pode medir quanto líquido ela pode comportar. Cada um desses aspectos (comprimento, massa, volume) implica numa grandeza física diferente.

Medir é comparar uma grandeza com outra, de mesma natureza, tomada como padrão. Medição é, portanto, o conjunto de operações que tem por objetivo determinar o valor de uma grandeza.

Grandeza: Já deu pra perceber que o conceito de grandeza é fundamental para se efetuar qualquer medição. Grandeza pode ser definida, resumidamente, como sendo o atributo físico de um corpo que pode ser qualitativamente distinguido e quantitativamente determinado Aqui vamos precisar de mais exemplos: a altura de uma lata de refrigerante é um dos atributos desse corpo, definido pela grandeza comprimento, que é qualitativamente distinto de outros atributos (diferente de massa, por exemplo) e quantitativamente determinável (pode ser expresso por um número).

Unidades de Medição: Para determinar o valor numérico de uma grandeza, é necessário que se disponha de outra grandeza de mesma natureza, definida e adotada por convenção, para fazer a comparação com a primeira.
Para saber a altura daquela lata, por exemplo, é preciso adotar um comprimento definido para ser usado como unidade. O comprimento definido como unidade de medida pelo Sistema Internacional de Unidades - SI, é o Metro, seus múltiplos e submúltiplos.
O Metro é definido como sendo o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de 1/299.792.458 de segundo.

Padrão: Seria bem complicado medir a altura de uma lata usando apenas a definição do Metro. Para isso existem os Padrões Metrológicos. Um padrão metrológico é, em resumo, um instrumento de medir ou uma medida materializada destinada a reproduzir uma unidade de medir para servir como referência.

O padrão (de qualquer grandeza) reconhecido como tendo a mais alta qualidade metrológica e cujo valor é aceito sem referência a outro padrão, é chamado de Padrão Primário. Um padrão cujo valor é estabelecido pela comparação direta com o padrão primário é chamado Padrão Secundário, e assim sucessivamente, criando uma cadeia de padrões onde um padrão de maior qualidade metrológica é usado como referência para o de menor qualidade metrológica. Pode-se, por exemplo, a partir de um Padrão de Trabalho, percorrer toda a cadeia de rastreabilidade desse padrão, chegando ao Padrão Primário.

Instrumento de Medição e Medição Materializada: Já temos padrões de referência! Agora, antes de fazer qualquer medição, precisamos saber qual a grandeza que pretendemos medir e o grau de exatidão que pretendemos obter como resultado dessa medição para então podermos escolher o instrumento de medir adequado. Além disso, é necessário que o instrumento ou medida materializada em questão tenha sido calibrado.

Vamos supor que você queira saber quanto você "pesa". A grandeza a ser medida é a massa. (Veja a diferença conceitual entre massa e peso) Você não necessita de um resultado com grande exatidão de medição. A balança antropométrica da drogaria resolve o seu caso.

Agora, vamos supor que você trabalhe numa farmácia de manipulação e precise determinar a massa do componente de um medicamento para aviar uma receita. É aconselhável que você obtenha um resultado com grande exatidão de medição. Uma balança analítica compatível com a exatidão requerida é o instrumento mais adequado.

Método de Medição: Mesmo na medição mais corriqueira adotamos, de maneira consciente ou inconsciente, um método de medição e um procedimento de medição.
Como no exemplo do tópico anterior, métodos e procedimentos de medição são adotados em razão da grandeza a ser medida, da exatidão requerida e de outros condicionantes que envolvem uma série de variáveis.

Vamos supor que você queira determinar o volume de 200 ml de óleo comestível. Se você não necessita grande exatidão (você vai usar o óleo para fazer uma receita culinária) então o método escolhido pode ser, simplesmente, verter o óleo em uma medida de volume graduada (uma proveta, por exemplo).

Porém, se o resultado exigir maior exatidão (um ensaio em laboratório), será necessário utilizar outro método que leve em consideração outras variáveis, como a temperatura do óleo, sua massa, sua massa específica e por ai vai, uma vez que o volume do óleo varia em razão da temperatura que este apresenta no momento da medição.

Resultado da Medição: Após medir uma grandeza, devemos enunciar o resultado da medição. Parece coisa simples, mas não é. Em primeiro lugar, ao realizar uma medição, é impossível determinar um valor verdadeiro para a grandeza medida.
Vamos supor que você mediu a massa de um corpo em uma balança eletrônica e a indicação numérica que apareceu no visor foi 251g (duzentos e cinquenta e um gramas). Na verdade, um possível valor verdadeiro da massa daquele corpo estaria próximo da indicação obtida, embora este seja, por definição, indeterminável. Os parâmetros dessa aproximação são dados pela incerteza da medição.

Como nos exemplos anteriores, se essa medição destina-se a fins domésticos, não é necessário qualquer rigor ao expressar o seu resultado. Entretanto, quando se trata de medições para fins científicos ou tecnológicos, será preciso deixar claro se o resultado apresentado refere-se àquela indicação, ou ao resultado corrigido, ou ainda à média de várias medições. Deve conter ainda informações sobre a incerteza de medição, ser expresso utilizando-se o nome e a simbologia da grandeza de forma correta e levar em consideração os **algarismos significativos** que compõem o valor numérico.

Nota: No texto acima, se aludimos a exemplos de medição doméstica comparada a exemplos de medição de cunho científico ou tecnológico, foi apenas por acreditar que tais comparações facilitam a compreensão.

Na verdade, a maior parte das medições que observamos no dia a dia é, de fato, de cunho comercial, e é regulada por uma parte específica da Metrologia chamada Metrologia legal.

Erros de medição: Podem ser: Erro sistemático, erro aleatório e erro grosseiro.

1) **Erro Sistemático**: É a diferença entre a média de um número infinito de medições do mesmo mensurando e o valor verdadeiro do mensurando quando são obedecidas as condições de repetitividade.

   O erro sistemático pode ser causado por um desgaste do sistema de medição, por um dos ajustes, por fatores construtivos, pelo método de medição, por condições ambientais, etc. Na maioria das vezes, o erro sistemático não é constante na faixa de operação do sistema de medição, tornando-o de difícil previsão.

	X_i	RESULTADO	
1ª Medição	X_1	10,050	Valor verdadeiro convencionado
2ª Medição	X_2	9,970	
3ª Medição	X_3	10,020	
4ª Medição	X_4	10,020	V V C = 10 unidades
5ª Medição	X_5	9,950	
6ª Medição	X_6	9,900	Média das medições
7ª Medição	X_7	10,100	X = 9,995
8ª Medição	X_8	10,010	
9ª Medição	X_9	10,020	Erro sistemático
10ª Medição	X_{10}	9,910	ES = X – VVC
Média	**X**	**9,995**	
			ES = - 0,005 unidades

2) **Erro aleatório:** É a diferença entre o resultado de uma medição e a média de um número infinito de medições do mesmo mensurando, sob condições de repetitividade. Para um número grande de medições observam-se variações de valores em torno de um valor médio que se manifesta de forma imprevisível. Como na prática o número de medições é finito, é possível apenas estimar o erro aleatório. Os fatores que contribuem para o aparecimento do erro aleatório podem ser devido a atritos, vibrações, folgas, flutuações de rede, instabilidade interna, condições ambientais, etc.

3) **O erro grosseiro** não está definido no Sistema Internacional de Medidas, uma vez que ele é devido a fatores externos e não aos instrumentos. A origem do erro grosseiro pode estar relacionada a leitura errônea, defeito no sistema de medição, manipulação indevida do instrumento, anotação errada, etc.

   Embora a eliminação completa do erro grosseiro seja impossível, a sua frequência pode ser bem reduzida com o treinamento do pessoal envolvido.

   Erros grosseiros ocorrem quando se atribui falta de cuidados ou maus hábitos, como leitura incorreta ou maus hábitos de procedimento, anotação diferente do que foi lido, ajuste incorreto do instrumento, instrumento não foi devidamente “zerado”, erros devido às cargas dos circuitos e dos instrumentos (instrumentos elétricos), são erros que não podem ser tratados matematicamente. Erro de paralaxe também é uma forma de erro grosseiro.

2. ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

O resultado de uma medição expressa o valor de uma grandeza física. É muito importante saber distinguir o valor efetivamente obtido no processo de medição, daqueles decorrentes de cálculo ou arredondamento numérico. Assim, dado o resultado de uma medição, os algarismos significativos são todos aqueles contados, da esquerda para a direita, a partir do primeiro algarismo diferente de zero.

Exemplos:
45,30cm > têm quatro algarismos significativos;
0,0595m > têm três algarismos significativos; e
0,0450kg > têm três algarismos significativos.

Algarismo correto e algarismo duvidoso:

Vamos supor que você está efetuando a medição de um segmento de reta, utilizando para isso uma régua graduada em centímetros.

Você observa que o segmento de reta tem um pouco mais de vinte e sete centímetros e menos que vinte e oito centímetros.

Então, você estima o valor desse "pouco" que ultrapassa vinte e sete centímetros, expressando o resultado da medição assim: 27,6 centímetros.

Ou seja, você tem dois algarismos corretos (2 e 7) e um duvidoso (6), porque este último foi estimado por você - um outro observador poderia fazer uma estimativa diferente.

Significados do zero, à esquerda e à direita:

Zeros à esquerda do primeiro algarismo correto, antes ou depois da vírgula, não são significativos. Refletem apenas a utilização da unidade, ou seus múltiplos e submúltiplos.

Note que se você preferisse expressar o resultado 0,0595m em centímetros, ao invés de metros, você escreveria 5,95cm. Nada altera, você continua com os mesmos três algarismos significativos.

Zeros colocados à direita do resultado da medição são significativos.
O resultado 0,0450kg é diferente de 0,045kg, pois o primeiro tem três algarismos significativos enquanto o segundo só tem dois. No primeiro caso, o zero é o algarismo duvidoso, enquanto no segundo caso o algarismo duvidoso é o cinco. Isso significa que houve maior exatidão de medição no processo para se obter o resultado 0,0450kg.

Influência dos cálculos:

Vamos supor que você fez três medições de massa de um mesmo corpo em uma balança de leitura digital que apresenta o resultado em gramas, obtendo os seguintes valores: 5202g; 5202g e 5203g. Você obteve resultados com quatro algarismos significativos.
Para apresentar o resultado da medição, você resolveu fazer a média entre as três leituras obtidas, utilizando três casas decimais para o cálculo:

5202g + 5202g + 5203g = 15607g: 3 = 5202,333g

Ora, se você apresentar como resultado da medição o valor 5202,333g, sem qualquer informação adicional, você o estará falseando, pois este exibe sete algarismos significativos.

Nesse caso, o resultado apresentado não é resultante apenas do processo de medição, mas foi influenciado pelo cálculo com três casas decimais.

Você passará a informação de que a medição foi realizada com exatidão muito superior ao que de fato ocorreu no processo de medição.

O correto é dar o resultado com a mesma quantidade de significativos da medição realizada: 5202g (quatro significativos).

O contrário também pode ocorrer. Pegando o mesmo exemplo, digamos que você tenha decidido apresentar o resultado da medição em quilogramas, ou seja, 5,202kg. Aí você resolve arredondar o valor obtido para 5,2kg.

Esse resultado apresenta apenas dois algarismos significativos e expressa uma exatidão inferior àquela obtida pelo processo de medição. Assim, a maneira correta de apresentar esse resultado é 5,202kg, portanto com os mesmos 4 significativos originais.

Operações com algarismos significativos

Quando se efectuam cálculos o resultado deve respeitar o número de algarismos significativos dos dados segundo as seguintes regras para as operações.

A. Adição e Subtração.

O número de casas decimais da soma ou da diferença é o mesmo do dado que tiver o menor número de casas decimais.

34,567g + 2,34g = 36,907 ⇨ 36,91 g

B. Multiplicação e Divisão.

No produto final ou no quociente, o número de a.s. é determinado pelo factor que tenha menor número de a.s.

3,456 m x 34,5234 m = 119,311488 ⇨ 119,3 m^2.

C. Operações em cadeia

A x B = C

C x D = E

A = 2,34

B = 5, 58

D = 3,02

Usa-se um a.s. a mais nos cálculos intermédios e arredonda-se o resultado final para o nº correcto de a.s.

2,34 x 5,58 = 13, 06 (arredondar)

13,06 x 3,02 = 39,4412 □ 39,4

A média de 12,31g e 12,44g é:

(12,31g + 12,44g) : **2** = 12,38g

A massa de 3 objetos iguais é: **3** x 3,45g = 10,4g

Os números **2** e **3** são designados números puros, não afetando o número de algarismos significativos nas regras de cálculo.

Regras de arredondamento:

Escolhida a casa decimal até onde se quer fazer a aproximação:

1. Despreze o algarismo seguinte se for inferior a 5.

1,56849 = 1,568

2. Acrescente uma unidade à casa decimal, se o algarismo for superior a 5.

2,5698 = 2,57

3. Se o algarismo seguinte à casa escolhida for igual a 5, tem duas situações:

a. O nº da casa decimal que pretende arredondar é par: fica como está.

1,85=1,8

b. O nº da casa decimal que pretende arredondar é impar: acrescenta-lhe uma unidade.

2,735=2,74

Notação científica:

A fórmula geral de um número em notação científica é

$A \times 10^n$

em que

$1 \leq A < 10$

n- número inteiro.

Exemplos: $3456,45 = 3,45645 \times 10^3$.

$0,0024738 = 2,4738 \times 10^{-3}$

3. HISTÓRIA DA METROLOGIA

Na Antiguidade já era muito comum as trocas e o comércio entre os povos. Essas práticas fizeram com que fossem criadas unidades de medida para as mercadorias, isso trouxe como consequência o aparecimento de uma grande diversidade de unidades de medida e suas denominações entre uma e outra região, os valores dessas unidades também variavam de uma região para a outra.

Quando o homem conseguiu dominar o fogo e domesticar seu primeiro animal, ele passou a obter seu progresso através da fundamentação das medidas.
Esse progresso ao longo da história está relacionado ao seu progresso na ciência da medição.

O homem percebeu que para a sua medição fazer sentido, ela deveria estar de acordo com as medições executadas pelos outros homens. A partir desse momento, houve um acordo universal de unidades de medida. Esse acordo trouxe a necessidade de se adotar padrões, dos quais todos os homens derivariam suas unidades de medida. A solução desse problema não foi tão fácil de ser encontrada. Através da história têm ocorrido confusões porque os padrões adotados têm sido modificados ou destruídos.

Segundo Vaz & Guimarães (2002), a necessidade de medidas-padrão passou a existir logo que os homens começaram a fazer negócios em grande escala, na construção de casas navios e utensílios em geral. Era importante que os mercadores, os artífices e os trabalhadores de uma maneira geral soubessem, por exemplo, que uma vara de tecido na babilônia deveria ter mais ou menos o mesmo comprimento que uma vara de tecido em Jerusalém.

Como os Egípcios e os Gregos, os Romanos também podem ser considerados como grandes arquitetos pela grande quantidade de obras que por eles foram realizadas, tais como estradas e aquedutos. Esses projetos foram concluídos num intervalo de tempo relativamente curto, logo estas construções provavelmente foram iniciadas simultaneamente ao longo da rota. Esse fato só pode ser alcançado com um sistema de medidas padrão que provavelmente foi usado pelos artesãos que trabalharam nessas construções.

Houve uma tendência de uniformização entre os povos Hebreus e Fenícios. Para alguns povos antigos, as medidas eram tão importantes que chegavam a ter um caráter sagrado, sendo guardadas em templos como o Capitólio em Roma.

O homem tinha apenas começado a evoluir tecnologicamente quando o grande império desmoronou, a Europa foi invadida por tribos bárbaras. A história mostra que esse acontecimento provocou um retrocesso de dez séculos, fazendo com que o conhecimento penosamente adquirido pelo homem fosse sufocado e destruído.

A entrada do homem nesse período chamado anos de escuridão fez com que vários sistemas de medida fossem esquecidos, mas nem tudo foi perdido porque existiram alguns esforços em estabelecer padrões. Esses esforços foram feitos pelos monarcas que reinaram nessa época. Somente muito tempo depois os reis saxões reintroduziram os sistemas de medida e padrões unificados.

As necessidades de medidas-padrão foram sendo mais intensas a partir do momento em que os homens passam a efetuar negócios em larga escala, na construção de casas, navios e utensílios em geral.

Outro aspecto histórico da Metrologia é a primeira ideia de noção de peso que foi provavelmente a quantidade de material que o homem podia carregar.

Nesse momento o homem não media o peso dos corpos absolutamente e, sim, o tamanho dos objetos. A ideia de que o peso era uma medida absolutamente distinta do tamanho ou da consistência foi uma ideia que levou muitos anos para se desenvolver.

No início, comparava-se peso equilibrando dois corpos, um em cada mão. Muito tempo se passou até alguém pensar em uma máquina de pesar.

Curiosidades:

• Definida como sendo a largura do polegar de um homem, a polegada começou também como sendo uma medida natural. Foi o rei da Inglaterra Eduardo II que a legalizou centenas de anos depois do uso comum, como: "o comprimento de uma polegada será igual a três grãos de cevada, secos e redondos, encostados um ao outro, ao comprimento".

• Em tempos antigos, um pé foi bem maior que os 30 cm de hoje. No tempo dos gregos, o pé ficou igual a 28,75 cm. O pé de 30 cm ficou como padrão apenas para os países de língua inglesa, já em outros países o pé podia ter o comprimento de 27,75 cm e/ ou 35 cm.

• As unidades de medida podem ser divididas segundo quatro sistemas:
a) Decimal, que significa dizer décimos. Esse sistema originou-se dos egípcios e dos chineses.
b) Duo decimal, que significa dizer divisão em doze partes. Esse método era utilizado pelos romanos, eles dividiam o pé em doze polegadas, a libra em doze onças e o ano em doze meses.
c) Binário, ou seja, em metades ou quartos, oitavos e assim por diante.
Esse era conhecido como o método hindu.
d) Sexagesimal, divisão por sessenta. Esse método foi utilizado pelos babilônios. O tempo é dividido dessa maneira.

• O galão é usado ha tanto tempo que não se sabe ao certo quando ele começou. Tanto o galão americano que é igual a 3,785 litros, como o inglês que é de 5,546 litros.

• O barril foi um recipiente muito usado para medir vários produtos, tais como: barril de farinha igual a 88,5 kg, o barril de carne de vaca igual a 90,6 kg, o barril de petróleo igual a 158,98 litros, que é utilizado até os dias de hoje.

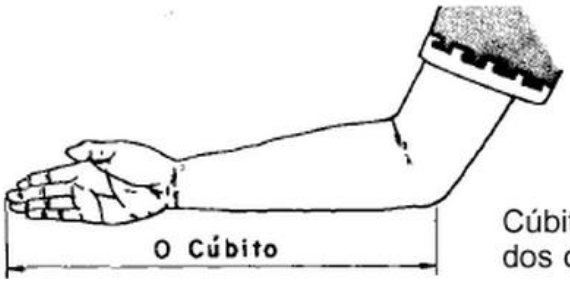
Uma iniciativa importante de uniformização de medidas aconteceu por volta do ano 1350, quando o rei Eduardo II da Inglaterra, decretou que fosse considerada como uma polegada a medida de três grãos secos de cevada colocados lado a lado.

Essa ideia foi aceita pelos sapateiros Ingleses que passaram a fabricar sapatos na Europa pela primeira vez em tamanho padrão, tomando como base o grão de cevada.

Assim, por exemplo, um sapato medindo quinze grãos de cevada passou a ser considerado como tamanho 15.

Nessa época, diversas tentativas foram feitas com o objetivo de racionalizar medidas, porém nenhuma delas obteve sucesso. Como exemplo, podemos citar a tentativa de padronizar uma medida de comprimento para ser utilizada no comércio de tecidos. A unidade escolhida foi o comprimento do antebraço humano até a ponta do dedo indicador. Essa escolha rapidamente apresentou insucesso porque os comerciantes, visando à obtenção de lucros maiores, passaram a contratar como vendedores pessoas que tivessem os braços curtos.

Todos esses acontecimentos históricos envolvendo a metrologia ajudam a perceber a relevância de investimentos em educação metrológica essenciais para o desenvolvimento tecnológico e industrial.



Cúbito é o nome de um dos ossos do antebraço

O cúbito é o primeiro padrão de medida corporificado em uma peça de granito que se tem notícia.

Cúbito Real

O cúbito ainda era subdividido em polegadas, palmos e pés, e os artesãos tinham permissão de reproduzi-lo para seu uso diário**.**

4. O SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

Em 1789, numa tentativa de resolver esse problema, o Governo Republicano Francês pediu à Academia de Ciência da França que criasse um sistema de medidas baseado numa "constante natural", ou seja, não arbitrária. Assim foi criado o Sistema Métrico Decimal, constituído inicialmente de três unidades básicas: o metro, que deu nome ao sistema, o litro e o quilograma. (posteriormente, esse sistema seria substituído pelo Sistema Internacional de Unidades - SI).

O metro:

Dentro do Sistema Métrico Decimal, a unidade de medir a grandeza comprimento foi denominada metro e definida como "a décima milionésima parte da quarta parte do meridiano terrestre" (dividiu-se o comprimento do meridiano por 40.000.000). Para materializar o metro, construiu-se uma barra de platina de secção retangular, com 25,3mm de espessura e com 1m de comprimento de lado a lado.

Essa medida materializada, datada de 1799, conhecida como o "metro do arquivo" não mais utilizada como padrão internacional desde a **nova definição do metro feita em 1983** pela 17ª **Conferência Geral de Pesos e Medidas**.

Metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante o intervalo de tempo de 1/299.792.458 do segundo.

Muitos países adotaram o sistema métrico, inclusive o Brasil, aderindo à **Convenção do Metro**. Entretanto, apesar das qualidades inegáveis do Sistema Métrico Decimal - simplicidade, coerência e harmonia - não foi possível torná-lo universal. Além disso, o desenvolvimento científico e tecnológico passou a exigir medições cada vez mais precisas e diversificadas. Em 1960, o Sistema Métrico Decimal foi substituído pelo Sistema Internacional de Unidades - SI mais complexo e sofisticado que o anterior.

Múltiplos e Submúltiplos do Metro:

Além da unidade fundamental de comprimento, o metro, existem ainda os seus múltiplos e submúltiplos, cujos nomes são formados com o uso dos prefixos: quilo, hecto, deca, deci, centi e mili. Observe o quadro:

Múltiplos			Unidade Fundamental	Submúltiplos		
quilômetro	hectômetro	decâmetro	metro	decímetro	centímetro	milímetro
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1.000m	100m	10m	1m	0,1m	0,01m	0,001m

Os múltiplos do metro são utilizados para medir grandes distâncias, enquanto os submúltiplos, para pequenas distâncias. Para medidas milimétricas, em que se exige precisão, utilizamos: mícron (μ) = 10^{-6} m.

O milímetro

Em Matemática, você já aprendeu que, para medir as coisas de modo que todos entendam, é necessário adotar um padrão, ou seja, uma unidade de medida.

Em Mecânica, a unidade de medida mais comum é o milímetro, cuja abreviação é mm. Ela é tão comum que, em geral, nos desenhos técnicos, essa abreviação (mm) nem aparece.
O milímetro é a milésima parte do metro, ou seja, é igual a uma parte do metro que foi dividido em 1.000 partes iguais.Provavelmente, você deve estar pensando:
“Puxa! Que medida pequenininha! Imagine dividir o metro em 1.000 partes!”.

Pois, na Mecânica, essa unidade de medida é ainda considerada enorme, quando se pensa no encaixe de precisão, como no caso de rolamentos, buchas, eixos. E essa unidade é maior ainda para instrumentos de medição, como calibradores ou blocos-padrão.

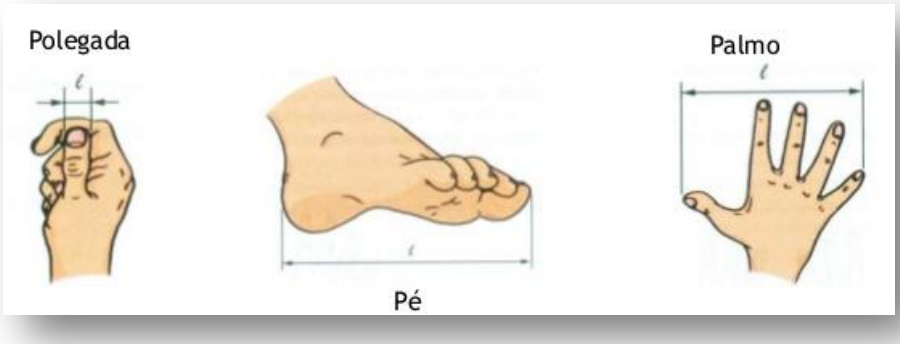
Assim, a Mecânica emprega medidas ainda menores que o milímetro, como mostra a tabela a seguir.

Submúltiplos do milímetro	Representação	Correspondência
Décimo	0,1 mm	$\frac{1}{10}$
Centésimo	0,01 mm	$\frac{1}{100}$
Milésimo	0,001 mm	$\frac{1}{1000}$

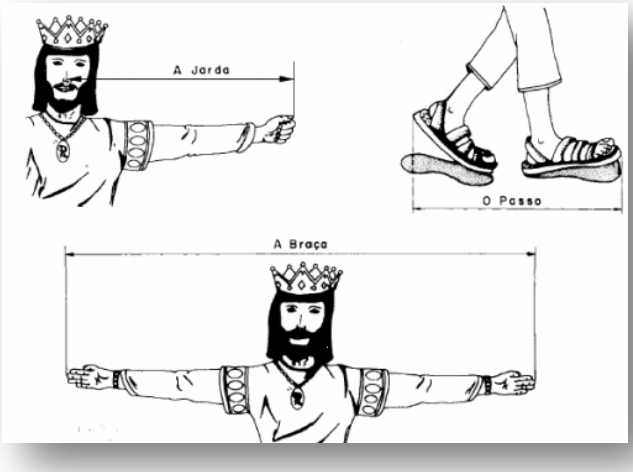
Na prática, o milésimo de milímetro também é representado pela letra grega μ (lê-se mi). Assim, o milésimo de milímetro pode também ser chamado de micrometro ou, simplesmente, de mícron ($1\mu = 0{,}001$ mm $= 1x10^{-3}$ mm $= 1x10^{-6}$ m).

5. O SISTEMA INGLÊS

Os primeiros padrões empregados foram elaborados a partir das dimensões do corpo humano, como o pé, passos, palmos, polegadas, jardas entre outras.



A polegada, a jarda, e outras unidades ainda existem e são empregadas em diferentes países apenas a evolução dos sistemas de medição permitiram reproduzir estas unidades com uma maior precisão.



Unidades do sistema inglês:
As divisões da jarda (3 pés; cada pé com 12 polegadas).

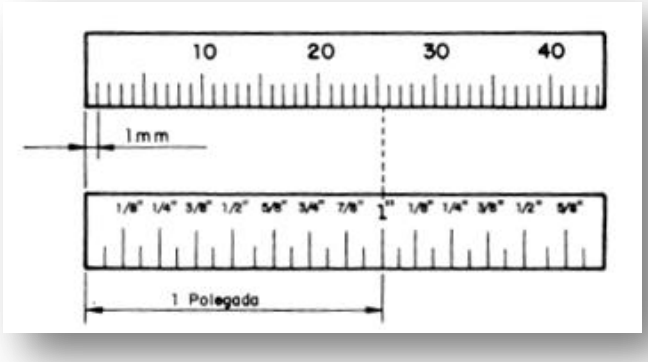
1 jarda	=	3 ft (feet)
1 jarda	=	36 pol
1ft (pé)	=	12 pol
1pol	=	0,08 ft

A polegada

A polegada é outra unidade de medida muito utilizada em Mecânica, principalmente nos conjuntos mecânicos fabricados em países como os Estados Unidos e a Inglaterra.

Embora a unificação dos mercados econômicos da Europa, da América e da Ásia tenha obrigado os países a adotarem como norma o Sistema Métrico Decimal, essa adaptação está sendo feita por etapas. Um exemplo disso são as máquinas de comando numérico computadorizado, ou CNC - Computer Numerical Control, que vêm sendo fabricadas com os dois sistemas de medida. Isso permite que o operador escolha o sistema que seja compatível com aquele utilizado em sua empresa.

Por essa razão, mesmo que o sistema adotado no Brasil seja o sistema métrico decimal, é necessário conhecer a polegada e aprender a fazer as conversões para o nosso sistema. A polegada, que pode ser fracionária ou decimal, é uma unidade de medida que corresponde a 25,4 mm.

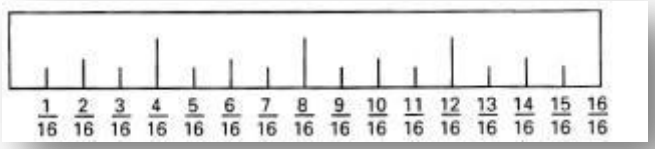


Observe que, na régua de baixo, os números aparecem acompanhados de um sinal (“). Esse sinal indica a representação de uma medida em polegada ou em fração de polegada.

Da mesma forma que o milímetro é uma unidade de medida muito grande para a mecânica e, por isso, foi dividido em submúltiplos, a polegada também foi dividida. Ela tem subdivisões que podem ser usadas nas medidas de peças de precisão.
Assim, a polegada foi dividida em 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 partes iguais.

Nas escalas graduadas em polegada, normalmente a menor divisão corresponde a 1/16”.

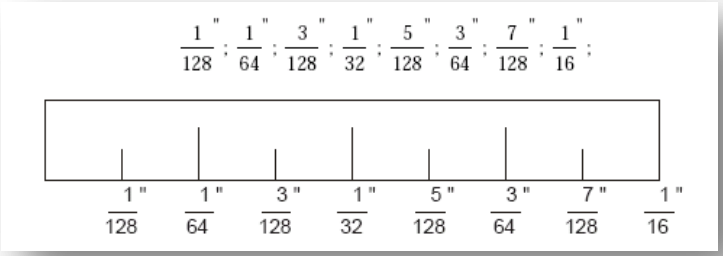
Essas subdivisões são chamadas de polegadas fracionárias. Dê mais uma olhada na figura acima. Você deve ter percebido que a escala apresenta as frações 1/8", 1/4", 3/8"... e assim por diante. Observe que os numeradores das frações são sempre números ímpares. Como se chegou a essas frações?



Você que estudou frações em Matemática já sabe que algumas das que estão na escala mostrada acima podem ser simplificadas. Por exemplo:

$$\frac{2\,,\,2}{16\,,\,2} = \frac{1}{8}" \qquad \frac{8\,,\,8}{16\,,\,8} = \frac{1}{2}"$$

Divisões do Nônio ou Vernier



A representação da polegada em forma decimal é tão usada na Mecânica quanto à fracionária. Ela aparece em desenhos, aparelhos de medição, tais como, o paquímetro e o micrômetro, e permite medidas menores do que a menor medida da polegada fracionária, que é 1/128".

Uma polegada decimal equivale a uma polegada fracionária, ou seja, 25,4 mm. A diferença entre as duas está em suas subdivisões: em vez de ser subdividida em frações ordinárias, a polegada decimal é dividida em partes iguais por 10, 100, 1.000 etc.

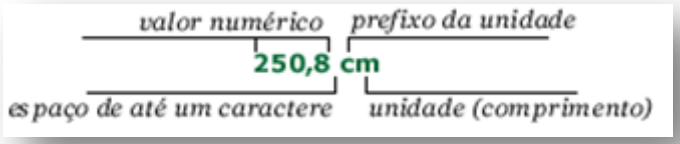
A divisão mais comum é por 1.000. Assim, temos, por exemplo:
1/2" correspondente a 0,5" (ou 5 décimos de polegada)
1/4" correspondente a 0,25" (ou 25 centésimos de polegada)
1/8" correspondente a 0,125" (ou 125 milésimos de polegada)

nome	name	equivalente				pol
		m	mm ou milha	jarda	pé	
jarda (yd)	yard	0,9144m	914,40mm	1yd	3ft	36in
pé (ft) (')	foot	0,3048m	304,80mm	(1/3) 0.333yd	1ft	12in
polegada (in) (")	inch	0,0254m	25,4mm	0.0278yd	(1/12) 0.083ft	1in
milha terrestre	mile	1 609,344m		1 760yd	5 280ft	
milha náutica	mile, nautical	1 852,354m	1.151mile	2 025.7yd	6 077.3ft	

© - Eduardo J. Stefanelli

6. GRAFIA DOS NOMES E SÍMBOLOS DO S.I

Toda vez que você se refere a um valor ligado a uma unidade de medir, significa que, de algum modo, você realizou uma medição. O que você expressa é, portanto, o resultado da medição, que apresenta as seguintes características básicas:



Como escrever as unidades SI:

As unidades do Sistema Internacional de Unidades - SI podem ser escritas por seus nomes ou representadas por meio de símbolos.

Exemplos:
1- grandeza: comprimento
nome: metro
símbolo: m

2- grandeza: tempo
Nome: segundo
Símbolo: s

Em letra minúscula

Os nomes das unidades SI são escritos em letra minúscula.
Exemplos: quilograma, newton, metros cúbicos
Exceções: 1 - no início da frase
2 – graus Celsius

Símbolo não é abreviatura:

O símbolo é um sinal convencional e invariável utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura das unidades SI. Por isso mesmo não é seguido de ponto.
Exemplos:

	Correto	**Errado**
segundo:	**s**	s. ; seg.
metro:	**m**	m. ; mt. ; mtr.
quilograma:	**kg**	kg. ; kgr.
hora:	**h**	h. ; hr.

Símbolo não tem plural:

Lembre-se sempre que o símbolo das unidades SI é invariável; portanto não pode ser seguido de "s" para indicar o plural. Exemplos:

	Correto	**Errado**
Cinco metros;	**5 m**	5 ms
Dois quilogramas	**2 kg**	2 kgs
Oito horas	**8 h**	8 hs

Como escrever unidade composta:
Não misture nome com símbolo.

Exemplos:

Correto	Errado
quilômetro por hora	quilômetro/h
km/h	km/hora
metro por segundo	metro/s
m/s	m/segundo

Como escrever o grama:
Grama pertence ao gênero masculino. Por isso, ao escrever (e pronunciar) essa unidade, seus múltiplos e submúltiplos, faça a concordância corretamente.

Exemplos:
dois quilogramas ; duzentos e cinquenta gramas ; quinhentos miligramas ; oitocentos e um gramas ;

Como escrever o prefixo quilo:
O prefixo quilo (símbolo k) indica que a unidade está multiplicada por mil. Portanto não pode ser utilizado sozinho.
Exemplos:

Correto	Errado
quilograma	quilo
quilômetro	quilo

Use o prefixo quilo da maneira correta.
Exemplos:

Correto	Errado
quilograma	kilograma
quilômetro	kilômetro
quilolitro	kilolitro

Como escrever medida de tempo:
Observe os símbolos corretos para hora, minuto e segundo.
Exemplo:

Correto	Errado
9h 25min 6s	9:25h ou 9h 25' 6"

7. TRANSFORMAÇÕES DE UNIDADES

Leitura das Medidas de Comprimento

A leitura das medidas de comprimentos pode ser efetuada com o auxílio do quadro de unidades. Exemplos: Leia a seguinte medida: 15,048 m.

Sequência prática

1º) Escrever o quadro de unidades

km	hm	dam	m	dm	cm	mm

2º) Colocar o número no quadro de unidades, localizando o último algarismo da parte inteira sob a sua respectiva.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
		1	5,	0	4	8

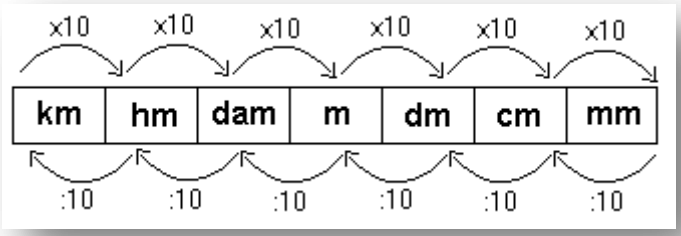
3º) Ler a parte inteira acompanhada da unidade de medida do seu último algarismo e a parte decimal acompanhada da unidade de medida do último algarismo da mesma.

15 metros e 48 milímetros

Outros exemplos:

6,07 km	lê-se "seis quilômetros e sete decâmetros"
82,107 dam	lê-se "oitenta e dois decâmetros e cento e sete centímetros".

Transformação de unidades



Observe as seguintes transformações:

Transforme 16,584hm em m

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1	6,	5	8	4		
1	6	5	8,	4		

Para transformar hm em m (duas posições à direita) devemos multiplicar por 100 (10 x 10).

16,584 x 100 = 1.658,4

Ou seja:

16,584hm = 1.658,4m

- Transforme 1,463 dam em cm.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
		1,	4	6	3	
		1	4	6	3	

Para transformar dam em cm (três posições à direita) devemos multiplicar por 1.000(10 x 10 x 10).

1,463 x 1.000 = 1,463

Ou seja:

1,463dam = 1.463cm.

- Transforme 176,9m em dam.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
	1	7	6,	9		
	1	7,	6	9		

Para transformar m em dam (uma posição à esquerda) devemos dividir por 10.

176,9 : 10 = 17,69

Ou seja:

176,9m = 17,69dam

- Transforme 978m em km.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
	9	7	8			
0,	9	7	8			

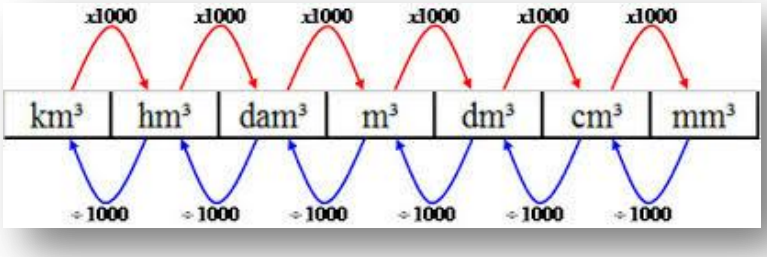
Para transformar m em km (três posições à esquerda) devemos dividir por 1.000.

978 : 1.000 = 0,978

Ou seja:

978m = 0,978km.

Transformações de medidas de área:



- Transforme $20m^2$ em dam^2.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
			20			
		00,	20			

Para transformar m em dam^2 (uma posição à esquerda) devemos dividir por 100.
20 : 100 = 0,2 dam
Ou seja:

$20m^2 = 0,2dam^2$

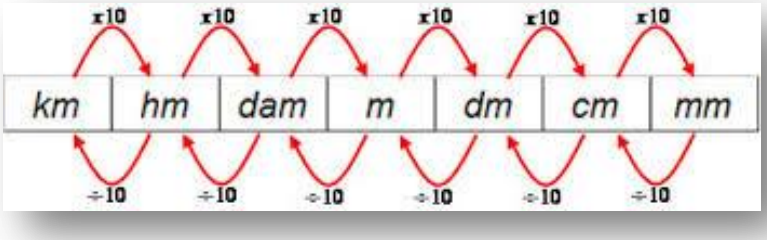
- Transforme $20m^2$ em km^2.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
			20			
00,	00	00	20			

Para transformar m em km^2 (uma posição à esquerda) devemos dividir por 1.000000.
20 : 100 = 0,00002 km
Ou seja:

$20m^2$

Transformações de medidas de volume:

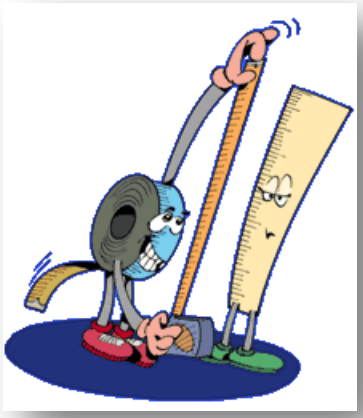


- Transforme $15m^3$ em km^3.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
			015			
000,	000	000	015			

8. NORMAS GERAIS DE MEDIÇÃO

Medição é uma operação simples, porém só poderá ser bem efetuada por aqueles que se preparam para tal fim.



1. Tranquilidade.
2. Limpeza.
3. Cuidado.
4. Paciência.
5. Senso de responsabilidade.
6. Sensibilidade.
7. Finalidade da posição medida.
8. Instrumento adequado.
9. Domínio sobre o instrumento

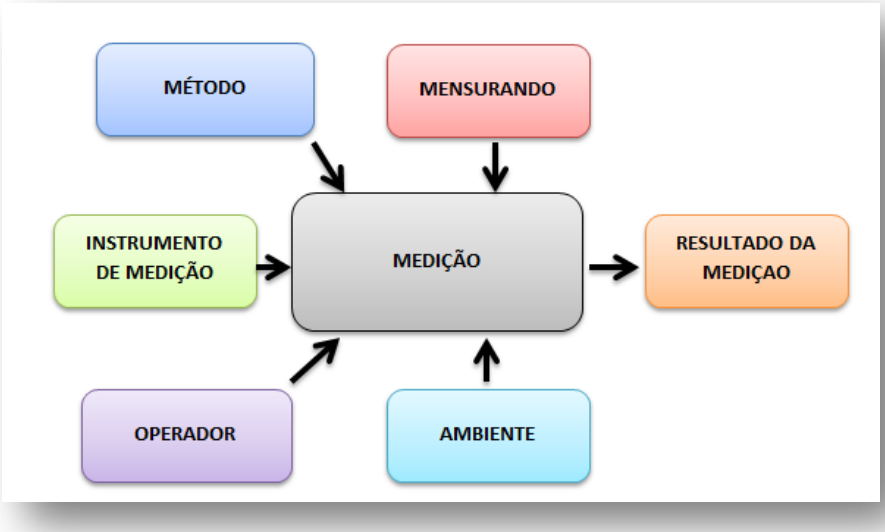
Recomendações

Os instrumentos de medição são utilizados para determinar grandezas. A grandeza pode ser determinada por comparação e por leitura em escala ou régua graduada. É dever de todos os profissionais zelar pelo bom estado dos instrumentos de medição, mantendo-se assim, por maior tempo, sua real precisão. Evite:

1. Choques, queda, arranhões, oxidação e sujeira;
2. Misturar instrumentos;
3. Cargas excessivas no uso; medir provocando atrito entre a peça e o instrumento;
4. Medir peças cuja temperatura, quer pela usinagem quer por exposição a uma fonte de calor, esteja fora da temperatura de referência;
5. Medir peças sem importância com instrumentos caros

Erros de medição e suas causas

Os erros podem ser influenciados pela ação isolada ou combinada de vários fatores que estão envolvidos no sistema de medição, como operador, instrumento, método, ambiente, mensurando, etc.



Instrumento de medição:

1. Descalibrado
2. Defeito de funcionamento
3. Características inadaquadas para a medição (resolução, escala, etc)
4. Posicionamento errado

Operador:

1. Capacitação no método
2. Capacitação no instrumento de medição
3. Erro de leitura
4. Anotação errada do resultado

Método:

1. Não adequado para a medição requerida
2. Ineficaz
3. Impreciso

Ambiente:

1. Temperatura
2. Umidade
3. Vibração
4. Estática

Mensurando:

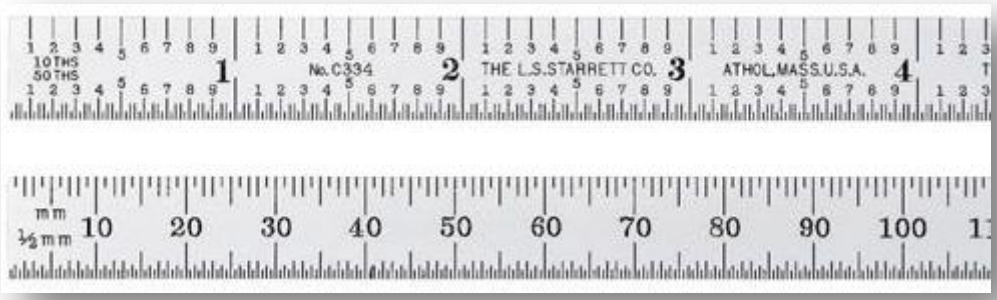
1. Geometria de uma peça
2. Deformação durante a medição
3. Alteração de característica durante a medição
4. Instabilidade

“A calibração garante uma boa medição.”

9. RÉGUA GRADUADA E TRENA

Régua graduada:

A régua apresenta-se, normalmente, em forma de lâmina de aço-carbono ou de aço inoxidável. Nessa lâmina estão gravadas as medidas em centímetro (cm) e milímetro (mm), conforme o sistema métrico, ou em polegada e suas frações, conforme o sistema inglês.



Conservação:

Evitar que a régua caia ou a escala fique em contato com as ferramentas comuns de trabalho;

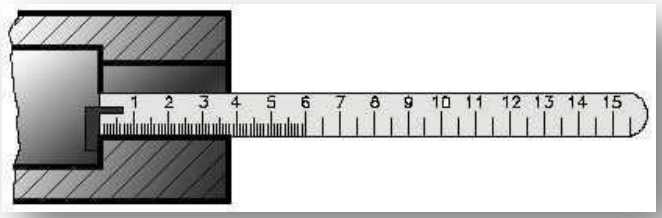
- ☐ Evitar riscos ou entalhes que possam prejudicar a leitura da graduação;
- ☐ Não flexionar a régua: isso pode empená-la ou quebrá-la;
- ☐ Não utilizá-la para bater em outros objetos;
- ☐ Limpá-la após o uso, removendo a sujeira. Aplicar uma leve camada de óleo fino, antes de guardar a régua graduada.

Não deixar a régua graduada sobre a mesa de solda ou peças que serão soldadas

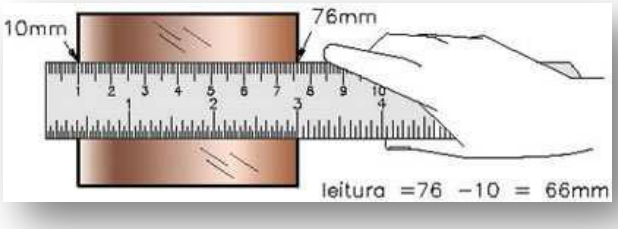
Tipos:

A régua graduada apresenta-se em vários tipos vejam as ilustrações:

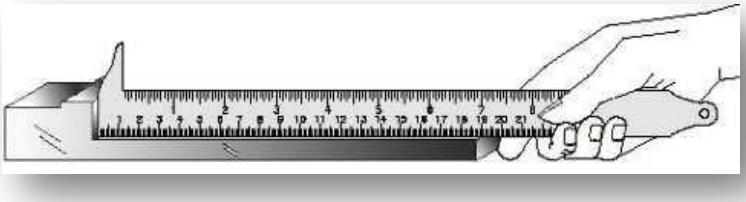
Régua de encosto interno



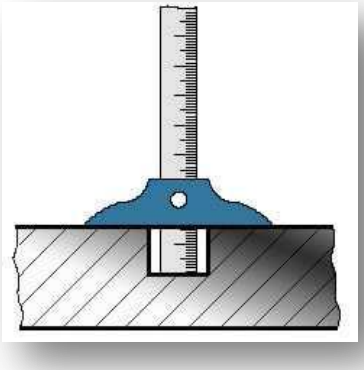
Régua sem encosto



Régua com encosto



Régua de profundidade

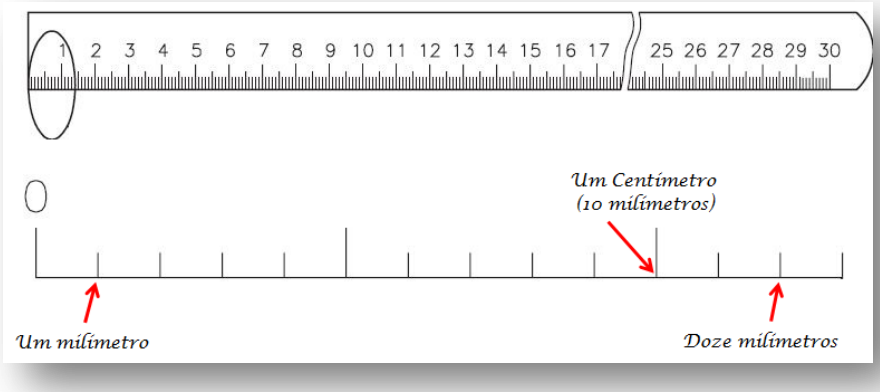


Características

De modo geral, uma escala de qualidade deve apresentar bom acabamento, bordas retas e bem definidas, e faces polidas. As réguas de manuseio constante devem ser de aço inoxidável ou de metais tratados termicamente. È necessário que os traços da escala sejam travados, bem definidos, uniformes, equidistantes e finos.

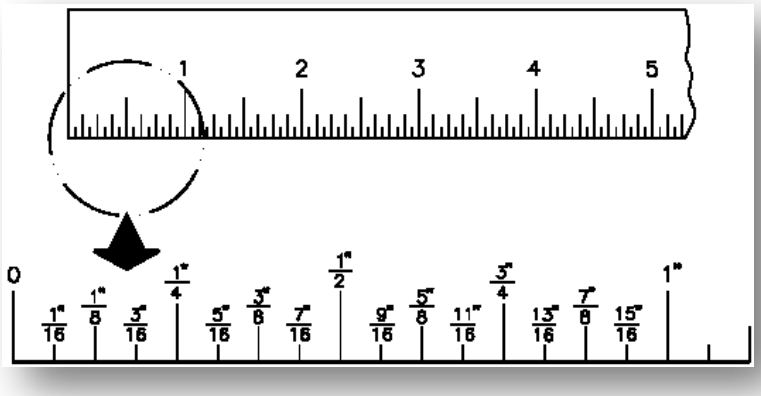
Leitura da régua graduada no sistema métrico:

Cada centímetro na escala encontra-se dividido em 10 partes iguais e cada parte equivale a 1 mm. Assim, a leitura pode ser feita em milímetro. A ilustração mostra, de forma ampliada, como se faz isso.



Leitura no sistema inglês de polegada fracionária

Nesse sistema, a polegada divide-se em 2, 4, 8, 16... partes iguais. As escalas de precisão chegam a apresentar 32 divisões por polegada. As demais só apresentam frações de **1/16”**.



Observe que, na ilustração anterior, estão indicadas somente frações de numerador impar. Isso acontece porque, sempre que houver numeradores pares, a fração é simplificada.
A leitura na escala consiste em observar qual traço coincide com a extremidade do objeto.
Na leitura, deve-se observar sempre a altura do traço, porque ele facilita a identificação das partes em que a polegada foi dividida.

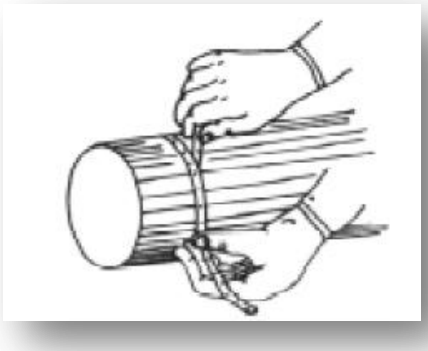
Trena:

Trata-se de um instrumento de medição constituído por uma fita de aço, fibra ou tecido, graduada em uma ou em ambas as faces, no sistema métrico e/ou no sistema inglês,
ao longo de seu comprimento, com traços transversais. Em geral, a fita está acoplada a um estojo ou suporte dotado de um mecanismo que permite recolher a fita de modo manual ou automático. Tal mecanismo, por sua vez, pode ou não ser dotado de trava.

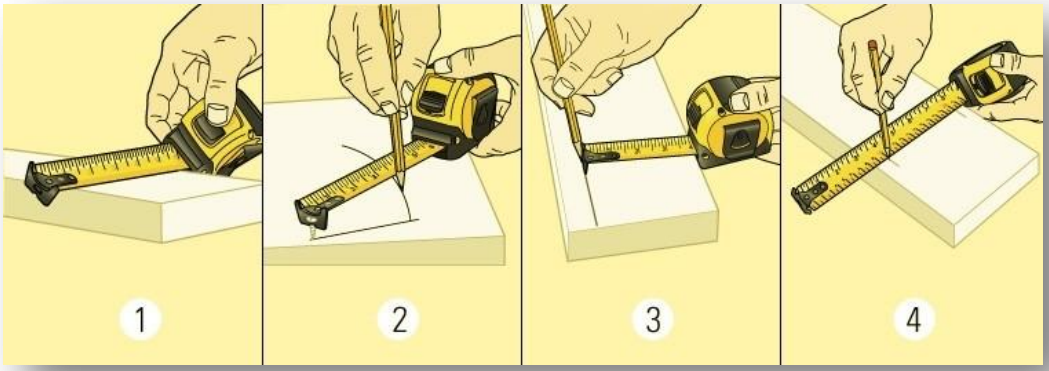
A fita da trena de bolso é de aço fosfatizado ou esmaltado e apresentam largura de 12, 7 mm e comprimento entre 2 m e 5 m.

Como Usar Uma Trena:

Quanto à geometria, as fitas das trenas podem ser planas ou curvas. As de geometria plana permitem medir perímetros de cilindros, por exemplo:



Não se recomenda medir perímetros com trenas de bolso cujas fitas sejam curvas.
As trenas apresentam, na extremidade livre, uma pequenina chapa metálica dobrada em ângulo de 90º. Essa chapa é chamada encosto de referência ou gancho de zero absoluto.



1) Melhore a precisão inclinando ligeiramente a lâmina para que fique o mais perto possível da superfície que você está medindo.

2) Marque círculos ou arcos usando o sulco do gancho como articulação, como um parafuso ou um prego, e com um lápis colocado na medida do raio desejado.

3) Quando tiver de medir com um gancho sobre a superfície de trabalho, a fita não estará em completo contato com a peça. Nesse caso, escolha um ponto “zero” conveniente (por exemplo: 10 cm) de maneira que a medida de 10 cm fique na altura da marca de 20 cm na fita.

4) Quando não tiver uma régua de aço por perto ou uma borda reta para desenhar uma linha reta, vire a lâmina da fita ao contrario e a use como régua.

5) use a fita para confirmar o alinhamento de armações quadradas simplesmente medindo as diagonais.

Conservação:

- ☐ Evitar que a o gancho de zero absoluto entre em choque com o corpo da trena, ao recolher a fita, pois isto desajusta a trena.
- ☐ Evite que a fita se dobre e torça, especialmente a fita de aço, pois pode romper-se
- ☐ Limpe a fita ao rebobinar, principalmente nos modelos que possuem uma caixa fechada.

Exercícios:

Marque com um X a resposta correta.

Exercício 1

Os instrumentos mais comuns de medidas lineares são:
a) ( ) paquímetro, régua graduada, altímetro;
b) ( ) régua graduada, metro articulado, trena;
c) ( ) torquímetro, trena, paquímetro;
d) ( ) esquadro, compasso, metro articulado.

Exercício 2

A régua graduada mais usada em oficina é a de:
a) ( ) 200 mm e 500 mm;
b) ( ) 250 mm e 500 mm;
c) ( ) 100 mm e 350 mm;
d) ( ) 150 mm e 300 mm.

Exercício 3
Para medir canais ou rebaixos internos, usa-se régua:
a) ( ) rígida;
b) ( ) com encosto;
c) ( ) de profundidade;
d) ( ) sem encosto

Exercício 4
No sistema métrico, cada centímetro na escala é dividido em:
a) ( ) 10 partes iguais;
b) ( ) 1 mm;
c) ( ) 10 mm;
d) ( ) 100 partes iguais.

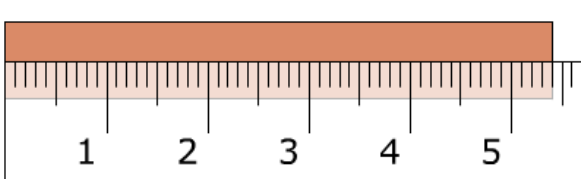
Exercício 5
A trena é um instrumento de medição linear e se apresenta na forma de fita de:
a) ( ) madeira, alumínio ou plástico
b) ( ) couro, plástico ou aço
c) ( ) aço, fibra de vidro ou tecido
d) ( ) tecido, madeira ou fibra de vidro

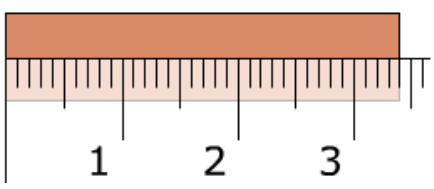
Exercício 6
Quanto à geometria, as fitas das trenas podem ser :
a) ( ) circulares
b) ( ) lineares
c) ( ) planas ou curvas
d) ( ) elípticas

Exercício 7
Para medir perímetro de cilindro usa-se trena de fita:
a) ( ) articulada
b) ( ) circular
c) ( ) curva
d) ( ) plana

Exercício 8
As fitas de trenas de bolso são feitas de:
a) ( ) aço rígido
b) ( ) tecido ou fibra de vidro
c) ( ) plástico
d) ( ) aço fosfatizado ou esmaltado

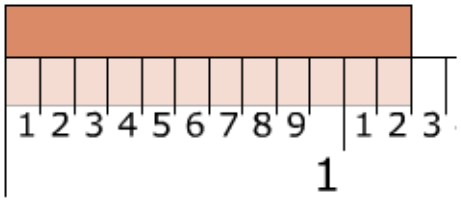
Exercício 9
Efetue as seguintes leituras:



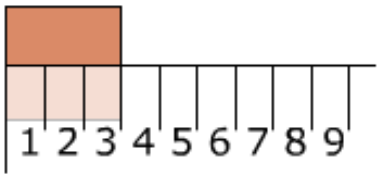


a) _____ b)_____

Exercício 10
Efetue as seguintes leituras:

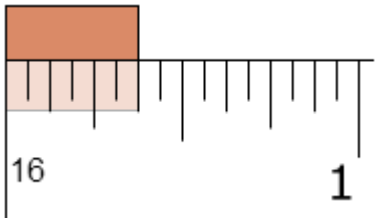


a) _____

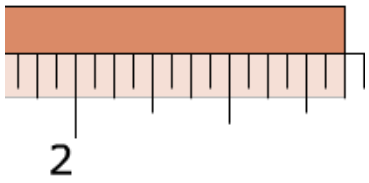


b)_____

Exercício 11
Efetue as seguintes leituras:



a) _____



b)_____

10. PAQUÍMETROS

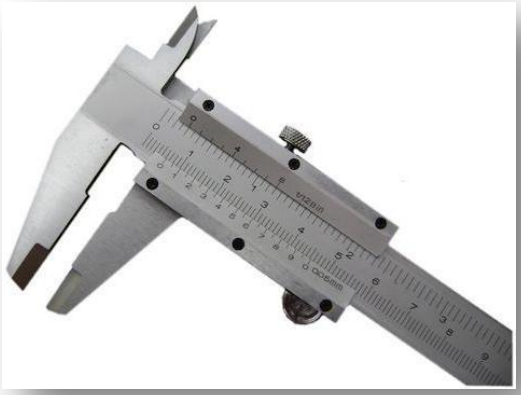
Aspectos gerais

Definição

O Paquímetro (figura 1) é o resultado da associação de: uma escala, como padrão de comprimento; dois bicos de medição, como meios de transporte do mensurando, sendo um ligado à escala e outro ao cursor; um nônio como interpolador para a indicação entre traços.

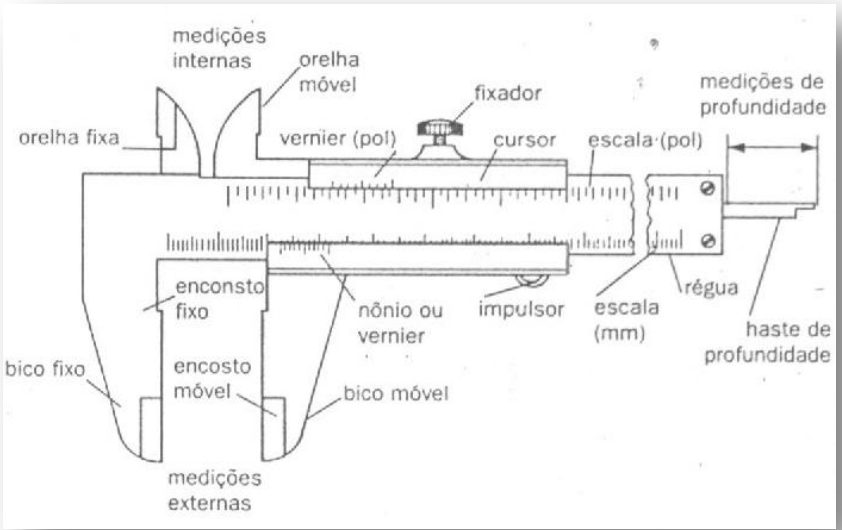
Características Construtivas

Na figura 1a tem-se um paquímetro universal (com bicos para medições internas e lingueta) e na figura 1b um paquímetro simples, porém com parafuso de chamada que serve para ajuste fino da posição do cursor.



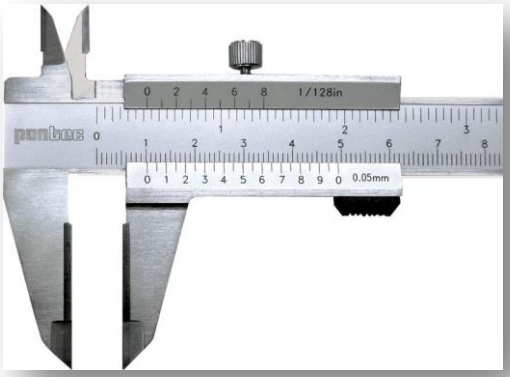
Os paquímetros distinguem-se pela faixa de indicação, pelo nônio, pelas dimensões e forma dos bicos.

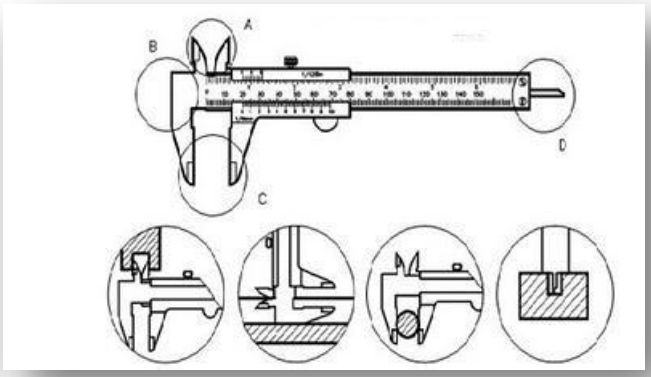
Em geral os paquímetros são construídos para faixa de indicação 120 ... 2000 mm; o comprimento dos bicos de 35 a 200 mm correspondentemente. Para casos especiais é possível adquirir paquímetros de bicos compridos.



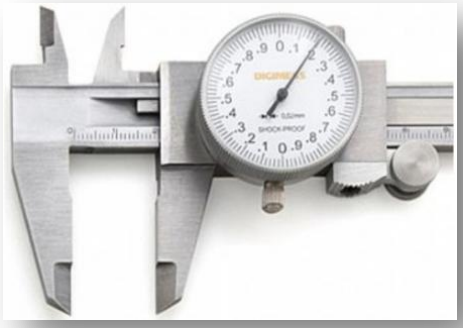
Tipos e Uso de Paquímetros:

Paquímetro universal
Medições internas, externas, de profundidade e de ressaltos. Trata-se do tipo mais usado.

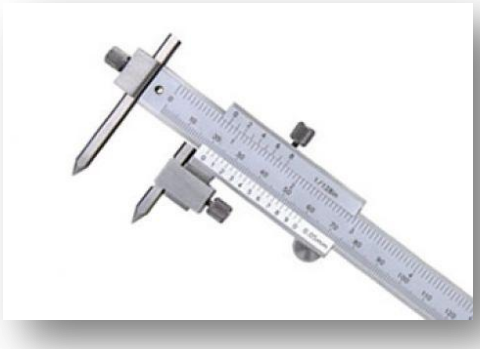




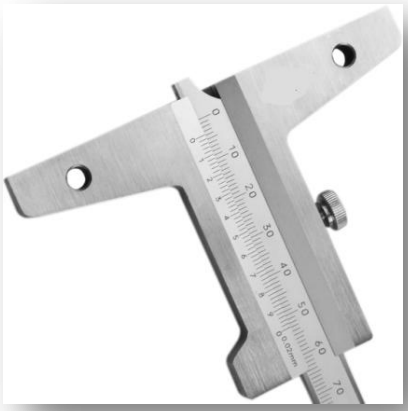
Paquímetro universal com relógio
O relógio acoplado ao cursor facilita a leitura, agilizando a medição.



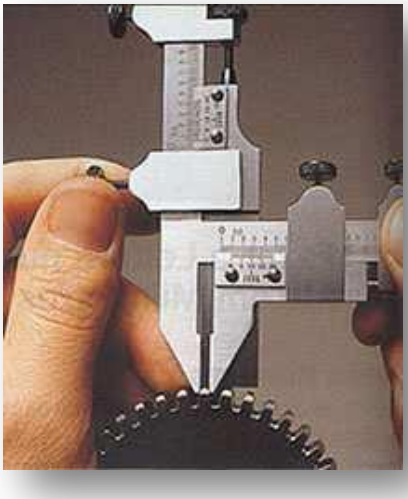
Paquímetro com bico móvel (basculante)
Empregado para medir peças cônicas ou peças com rebaixos de diâmetros diferentes.



Paquímetro de profundidade:
Serve para medir a profundidade de furos não vazados, rasgos, rebaixos etc. Esse tipo de paquímetro pode apresentar haste simples ou haste com gancho.



Paquímetro duplo
Serve para medir dentes de engrenagens



Funcionamento do Instrumento:

1. Procure na tabela fornecida com o instrumento o número de dentes da engrenagem em questão e encontre o adendo (s") corrigido. Este número é para um passo de diâmetro com medida em polegada, desta forma divida-o pelo número do passo de diâmetro – este número é também para módulo de 1mm quando a medida é em milímetros, assim multiplique-o pelo número requerido do módulo. Isto dá o adendo correto para este específico número de dentes.

2. Em seguida, meça o diâmetro externo real da engrenagem e adicione ou subtraia metade da diferença entre o diâmetro teórico da engrenagem e o real medido do adendo corrigido (s"), encontrado no primeiro passo.

3. Ajuste o novo valor calculado do adendo à lingueta ajustável do instrumento. Agora, com a lingueta no topo do dente, meça a espessura da corda com o nônio do bico horizontal. E compare com o número da coluna “t” na tabela.

Paquímetro digital:
Utilizado para leitura rápida, livre de erro de paralaxe, e ideal para controle estatístico.

Traçador de altura:
Esse instrumento baseia-se no mesmo princípio de funcionamento do paquímetro, apresentando a escala fixa com cursor na vertical. É empregado na traçagem de peças, para facilitar o processo de fabricação e, com auxílio de acessórios, no controle dimensional.

Exercícios

Marque com um X a resposta correta.

Exercício 1
Para medir dimensões lineares internas, externas, de profundidade e de ressaltos, usa-se o seguinte instrumento:
a) ( ) graminho;
b) ( ) régua graduada;
c) ( ) compasso;
d) ( ) paquímetro.

Exercício 2
Quando é necessário grande número de medidas com rapidez, usa-se o paquímetro:
a) ( ) universal, com relógio indicador;
b) ( ) com bico móvel;
c) ( ) de profundidade;
d) ( ) duplo.

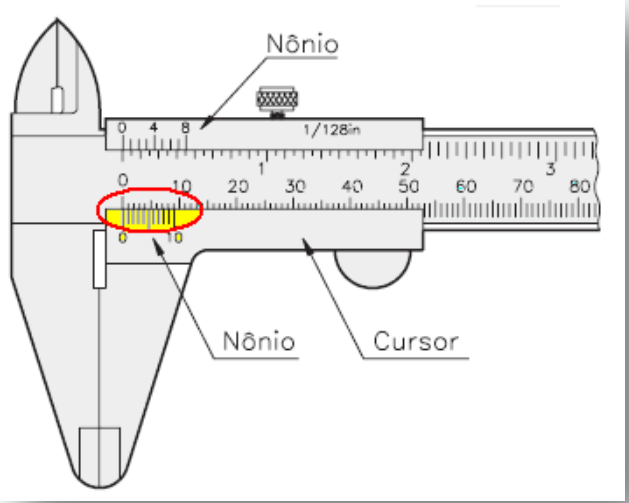
Exercício 3
Para medir peças cônicas ou com rebaixos, que apresentam diâmetros diferentes, usa-se paquímetro:
a) ( ) de profundidade;
b) ( ) com bico móvel (basculante);
c) ( ) com relógio indicador;
d) ( ) universal com relógio.

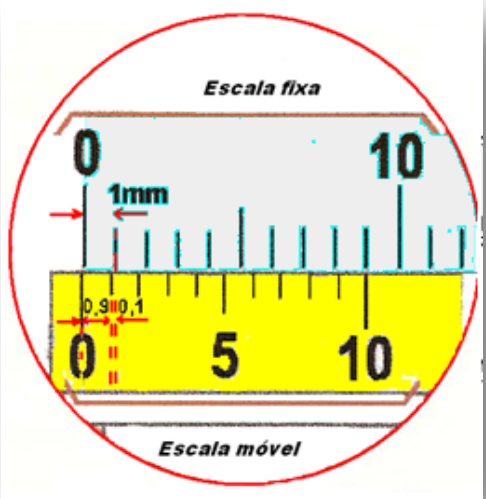
Exercício 4
Com o paquímetro duplo mede-se:
a) ( ) passo de engrenagem;
b) ( ) coroa de engrenagem;
c) ( ) dentes de engrenagem;
d) ( ) pinhão de engrenagem.

Exercício 5
A escala do cursor do paquímetro chama-se:
a) ( ) escala fixa;
b) ( ) escala de milímetros;
c) ( ) escala de polegadas;
d) ( ) nônio ou vernier.

Princípio do Nônio:

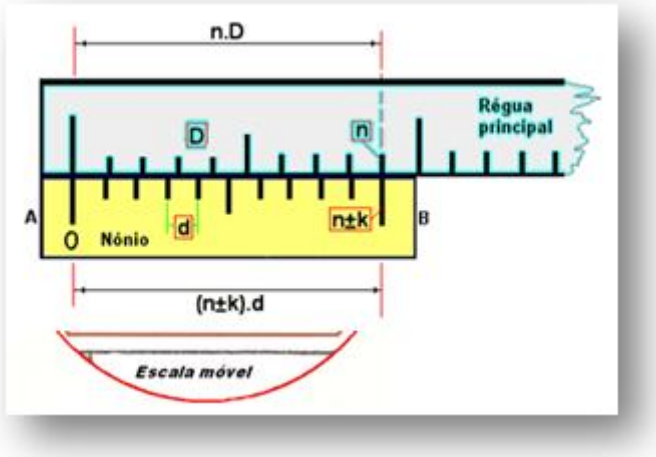
A escala do cursor é chamada de nônio ou vernier, em homenagem ao português Pedro Nunes e ao francês Pierre Vernier, considerados seus inventores.

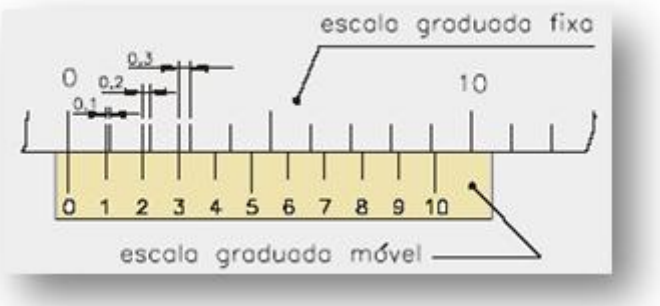




No sistema métrico, existem paquímetros em que o nônio possui dez divisões equivalentes a nove milímetros (9 mm). Há, portanto, uma diferença de 0,1 mm entre o primeiro traço da escala fixa e o primeiro traço da escala móvel,

A diferença tende a aumentar de 0,2 mm entre o segundo traço de cada escala; de 0,3 mm entre o terceiros traços e assim por diante.





As diferenças entre a escala fixa e a escala móvel de um paquímetro podem ser calculadas pela sua resolução.
A resolução é a menor medida que o instrumento oferece. Ela é calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

Resolução = UEF / NDN , onde:

UEF = Unidade da escala fixa
NDN = Numero de divisões do nônio

Exemplo:
Paquímetro do sistema métrico:
Nônio com 10 divisões - Resolução = 1 mm / 10 divisões = 0,1 mm

Nônio com 20 divisões - Resolução = 1 mm / 20 divisões = 0,05 mm

Nônio com 50 divisões - Resolução = 1 mm / 50 divisões = 0,02 mm

Paquímetro do sistema Inglês:

Nônio com 8 divisões - Resolução = 1/16” / 8 divisões = 1/128 pol

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{\frac{1}{16}"}{8} = \frac{1}{16} \div 8 = \frac{1}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{128}$$

Nônio com 25 divisões - Resolução = 0,25” / 25 divisões = 0,01 pol

No paquímetro centesimal cada polegada da escala fixa divide-se em 40 partes iguais. Cada divisão corresponde a: 1” / 40 = 0,25”

$$\text{Resolução} = \frac{UEF}{NDN} = \frac{0{,}25"}{25} = 0{,}01"$$

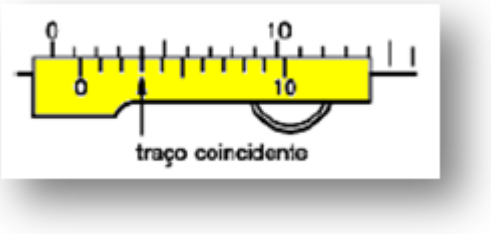
Leitura de Paquímetros

Leitura no Sistema Métrico:

Na escala fixa ou principal do paquímetro, a leitura feita antes do zero do nônio corresponde à leitura em milímetro.
Em seguida, você deve contar os traços do nônio até o ponto em que um deles coincidir com um traço da escala fixa.
Depois, você soma o número que leu na escala fixa ao número que leu no nônio. Para você entender o processo de leitura no paquímetro, é apresentado, a seguir, dois exemplos de leitura.

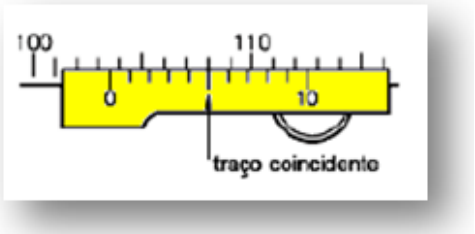
- Escala em milímetro e nônio com 10 divisões;

Lembre-se 1 mm /10 = 0,1 mm



Leitura

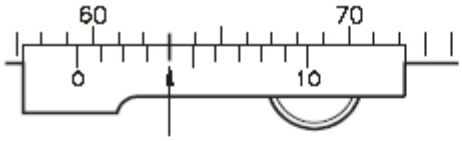
1,0 mm → escala fixa
0,3 mm → nônio (traço coincidente: 3º)
1,3 mm → total (leitura final)



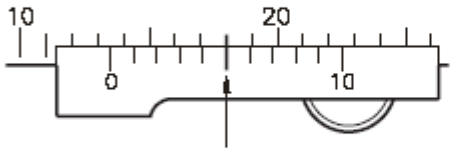
Leitura

103,0 mm → escala fixa
0,5 mm → nônio (traço coincidente: 5º)
103,5 mm → total (leitura final)

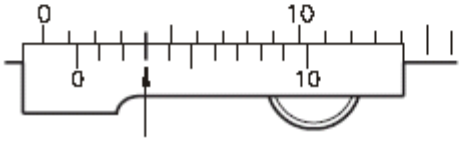
Faça a leitura e escreva as medidas nas linhas pontilhadas.

a) 

Leitura = ... mm

b) 

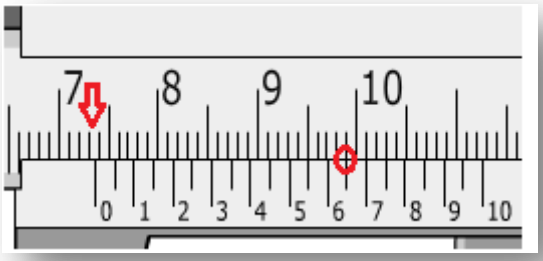
Leitura = ... mm

c) 

Leitura = ... mm

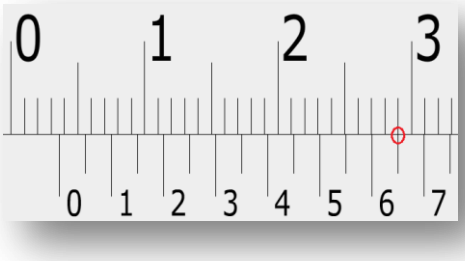
- Escala em milímetro e nônio com 20 divisões;

Lembre-se 1 mm / 20 = 0,05 mm

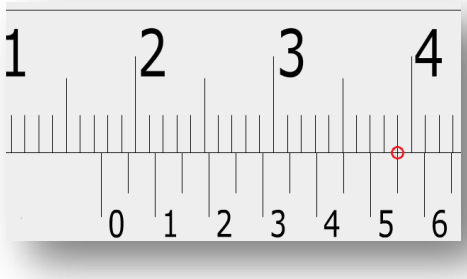


Leitura
73,00 mm → escala fixa
0,65 mm → nônio
73,65 mm → total (leitura final)

Faça a leitura e escreva as medidas nas linhas pontilhadas.



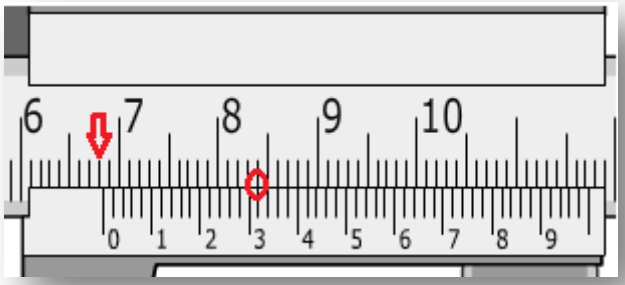
Leitura = ---------- mm



Leitura = ---------- mm

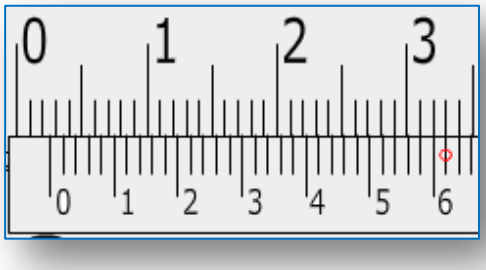
- Escala em milímetro e nônio com 50 divisões;

Lembre-se 1 mm / 50 = 0,02 mm

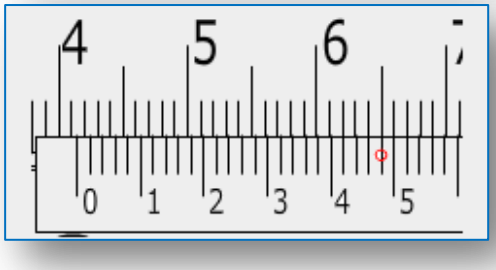


Leitura
68,00 mm → escala fixa
0,32 mm → nônio
68,32 mm → total (leitura final)

Faça a leitura e escreva as medidas nas linhas pontilhadas.



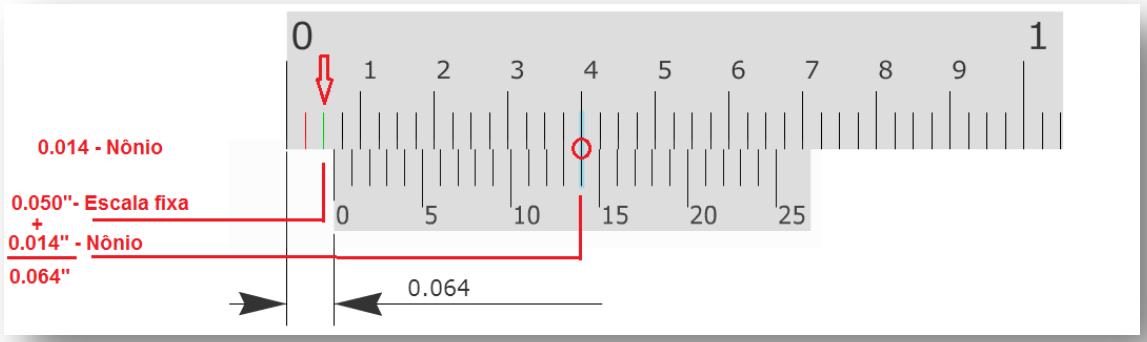
Leitura = ---------- mm

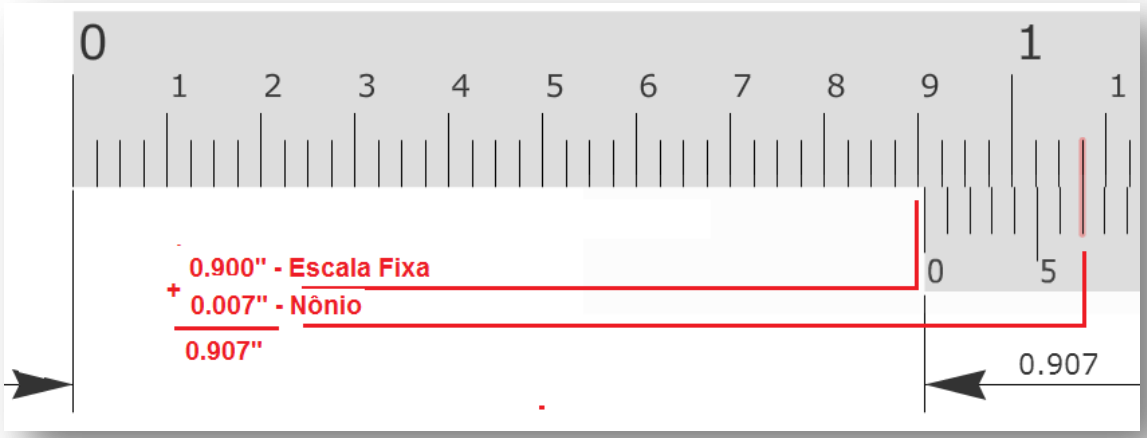


Leitura = ---------- mm

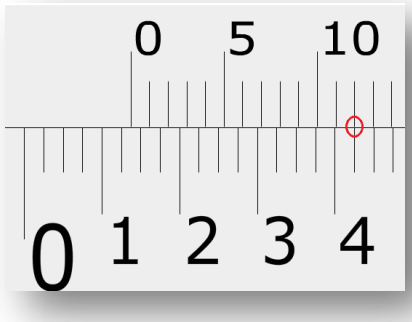
Leitura no Sistema Inglês:

Polegada Milesimal:
O procedimento para leitura é o mesmo que para a escala em milímetro. Contam-se as unidades **.025"** que estão à esquerda do zero (0) do nônio e, a seguir, somam-se os milésimos de polegada indicados pelo ponto em que um dos traços do nônio coincide com o traço da escala fixa.





Faça a leitura e escreva as medidas nas linhas pontilhadas.



Leitura = ---------- mm

Polegada Fracionária:

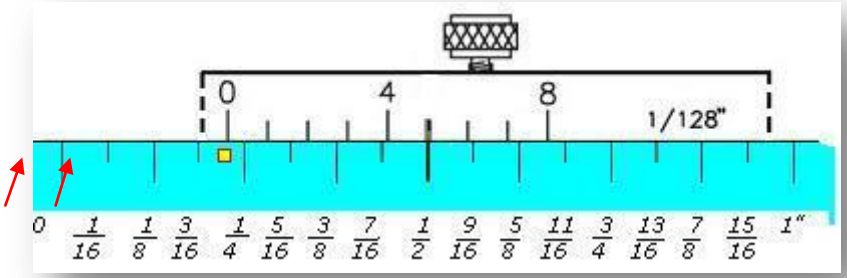
No paquímetro, a escala fixa do paquímetro é dividida em 16 partes, ou seja cada polegada está dividida em 16 partes iguais, portanto cada traço da escala fixa (sem contar o zero) equivale a 1/16 de polegada.

Dois traços seriam 2/16”, que reduzindo fica 1/8” e assim por diante.

Ou seja:

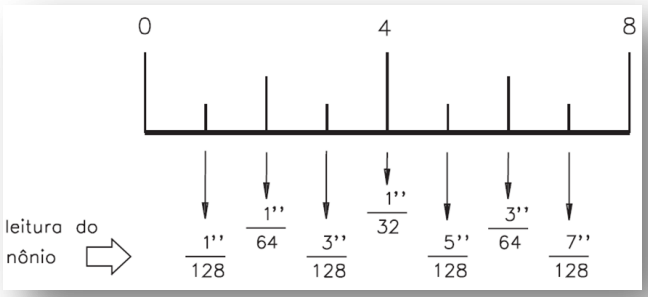
$$\frac{2 \quad :2 = 1}{16 \quad :2 = 8}$$

Conheça a escala fixa da polegada fracionária:

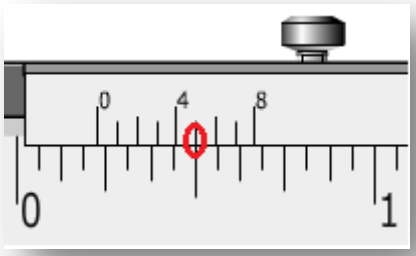


O nônio é divido em 8 partes, portanto cada divisão do nônio equivale a 1/128”, pois dividimos 1/16 (menor divisão da escala fixa) por 8 = 1/128”.

Dois traços do nônio é igual a 2/128, que reduzindo a fração fica 1/64” e assim por diante.



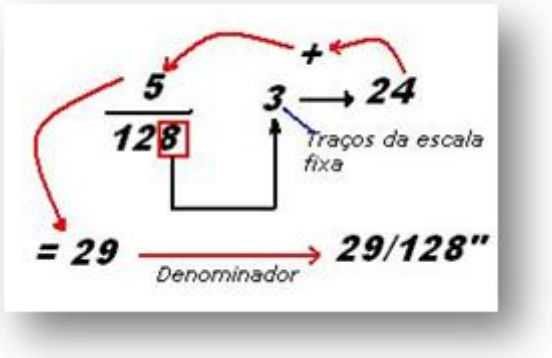
Exemplo:



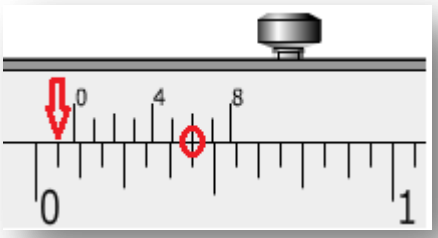
Agora juntando a escala fixa e o nonio da figura anterior temos:
Escala fixa: 3/16
Nonio: 5/128
Necessitamos adicionar: 3/16” + 5/128” = 29/128”

Para efetuarmos esta leitura no campo ou nas oficinas, fica um pouco complicado quanto a soma de frações, então adotamos o seguinte esquema:

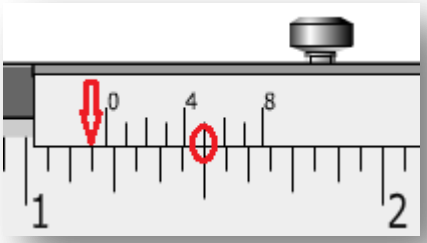
1- Contamos quantos traços temos na escala fixa (antes do zero do nônio) = 3
2- Verificamos qual a medida do nônio = 5/128
3- Isolamos o ultimo digito do denominador do nônio e multiplicamos pelo numero de traços da escala fixa ou seja 8 x 3 = 24
4- Somamos o resultado ao numerador do nônio = 24 + 5 = 29
5- Mantemos o denominador (128)
6- Resultado total 29/128”.



Para memorizar, efetue as leituras a seguir:

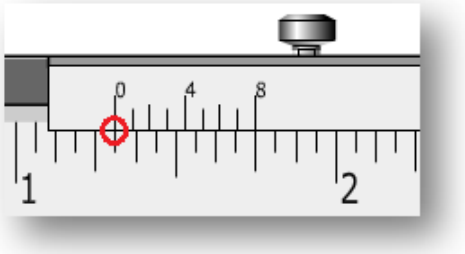


Leitura = ----------



Leitura = ----------

Sempre verifique se o zero do nônio coincide com um dos traços da escala fixa, se coincidir faça a leitura somente da escala fixa.



Escala fixa: 1”
Nonio: O zero coincide na escala fixa no 5º traço = 5/16” Resultado total 1 5/16"

Erros de leitura e Conservação do paquímetro:

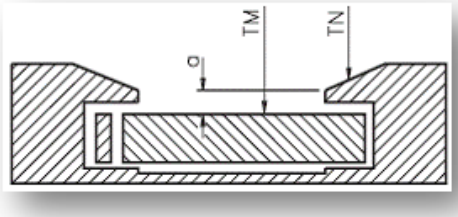
Todos devem aprender a usar corretamente o paquímetro, quais os possíveis erros de leitura e quais os cuidados que se deve ter para conservá-lo?

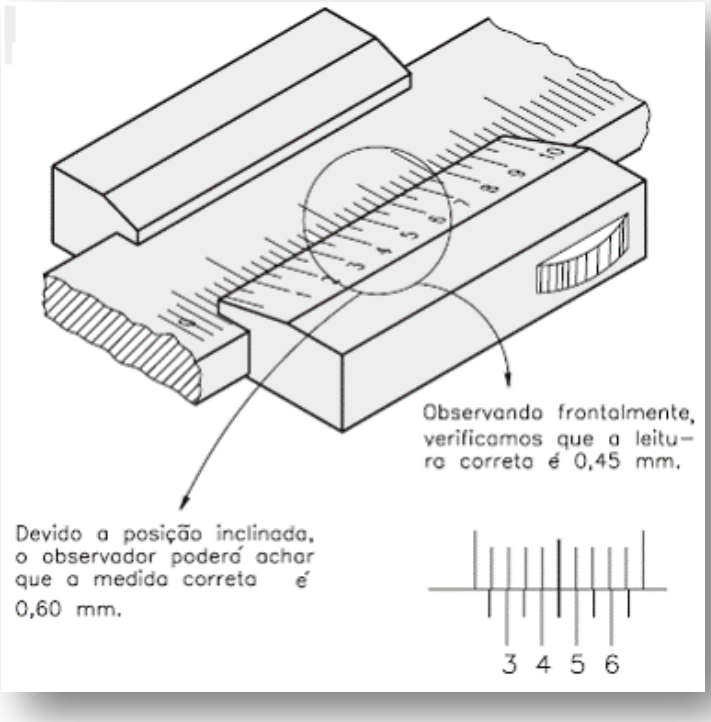
Erros de leitura
Além da falta de habilidade do operador, outros fatores podem provocar erros de leitura no paquímetro, como, por exemplo, a paralaxe e a pressão de medição.

Paralaxe
Dependendo do ângulo de visão do operador, pode ocorrer o erro por paralaxe, pois devido a esse ângulo, aparentemente há coincidência entre um traço da escala fixa com outro da móvel. O cursor onde é gravado o nônio, por razões técnicas de construção, normalmente tem uma espessura mínima (a), e é posicionado sobre a escala principal. Assim, os traços do nônio (TN) são mais elevados que os traços da escala fixa (TM).

Colocando o instrumento em posição não perpendicular à vista e estando sobrepostos os traços TN e TM, cada um dos olhos projeta o traço TN em posição oposta, o que ocasiona um erro de leitura.

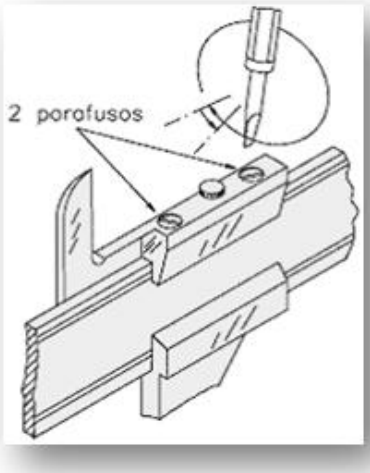
Para não cometer o erro de paralaxe, é aconselhável que se faça a leitura situando o paquímetro em uma posição perpendicular aos olhos.





Pressão de medição:
Já o erro de pressão de medição origina-se no jogo do cursor, controlado por uma mola. Neste tipo de erro pode ocorrer uma inclinação do cursor em relação à régua, o que altera a medida.

Para se deslocar com facilidade sobre a régua, o cursor deve estar bem regulado: nem muito preso, nem muito solto. O operador deve, portanto, regular a mola, adaptando o instrumento à sua mão. Caso exista uma folga anormal, os parafusos de regulagem da mola, devem ser ajustados, girando-os até encostar no fundo e, em seguida, retornando ⅛ de volta aproximadamente.
Após esse ajuste, o movimento do cursor deve ser suave, porém sem folga.

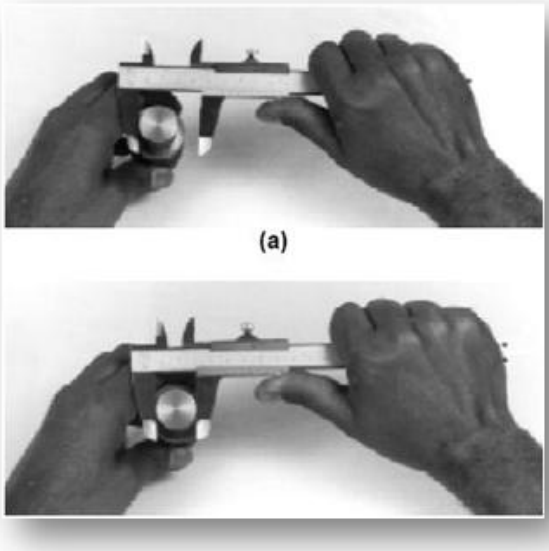


Técnica de utilização do paquímetro:

Para ser usado corretamente, o paquímetro precisa ter:

- ☐ Seus encostos limpos;
- ☐ A peça a ser medida deve estar posicionada corretamente entre os encostos.

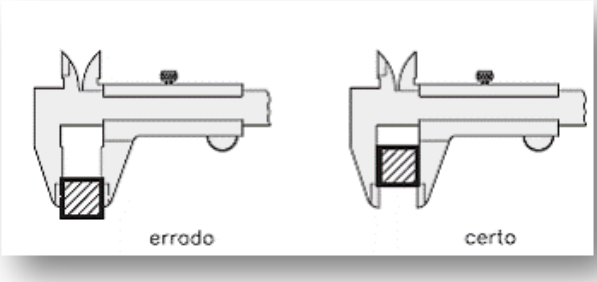
A figura mostra como abrir o paquímetro com uma distância maior que a dimensão do objeto a ser medido. O centro do encosto fixo deve ser encostado em uma das extremidades da peça. Convém que o paquímetro seja fechado suavemente até que o encosto móvel toque a outra extremidade.



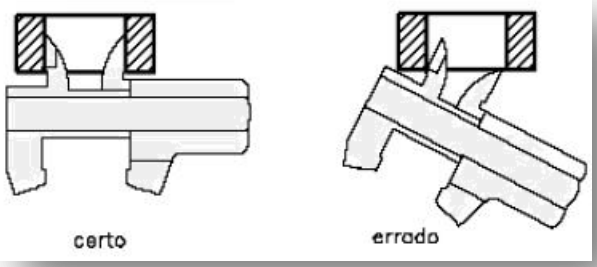
Feita a leitura da medida, o paquímetro deve ser aberto e a peça retirada, sem que os encostos a toquem.
As recomendações seguintes referem-se à utilização do paquímetro para determinar medidas:

- Externas;
- Internas;
- De profundidade;
- De ressaltos.

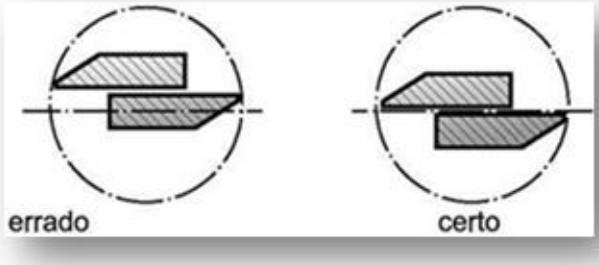
Nas medidas externas, mostradas na figura a peça a ser medida deve ser colocada o mais profundamente possível entre os bicos de medição para evitar qualquer desgaste na ponta dos bicos.



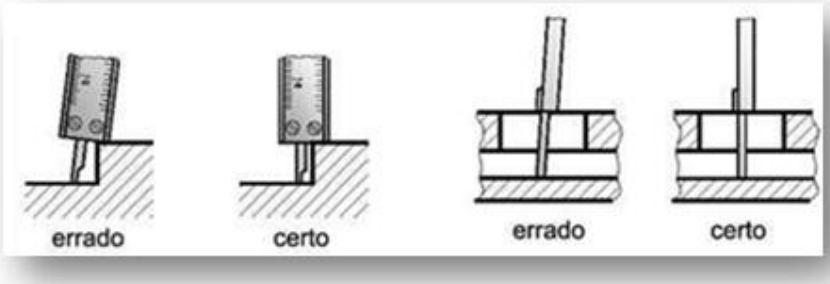
Nas **medidas internas**, as orelhas precisam ser colocadas o mais profundamente possível. O paquímetro deve estar sempre paralelo à peça que está sendo medida.



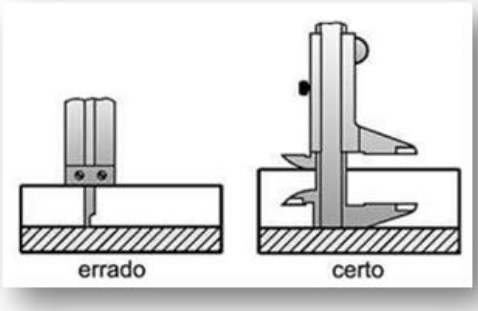
Para maior segurança nas medições de diâmetros internos, as superfícies de medição das orelhas devem coincidir com a linha de centro do furo.



Toma-se, então, a máxima leitura para diâmetros internos e a mínima leitura para faces planas internas. No caso de **medidas de profundidade**, apoia-se o paquímetro corretamente sobre a peça, evitando que ele fique inclinado.



Nas **medidas de ressaltos**, coloca-se a parte do paquímetro apropriada para ressaltos (orelha móvel) perpendicularmente à superfície de referência da peça. Não se deve usar a haste de profundidade para esse tipo de medição, porque ela não permite um apoio firme.



Conservação

Cuidados na utilização de paquímetros

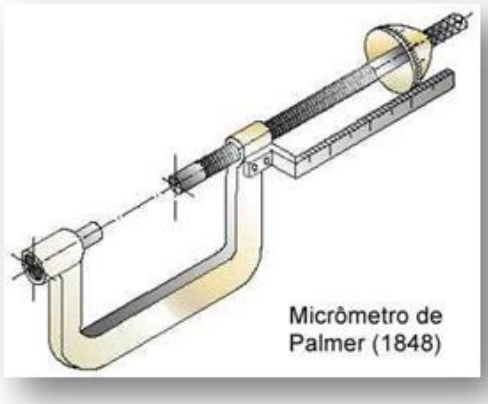
- Manejar o paquímetro sempre com todo cuidado, evitando choques.
- Não deixar o paquímetro em contato com outras ferramentas, o que pode lhe causar danos tais como: arranhões, empenos, perda da visualização da nitidez da escala graduada.
- Evitar arranhaduras ou entalhes, pois isso prejudica a graduação.
- Ao realizar a medição, não pressionar o cursor além do necessário para não comprometer a precisão das medidas.
- Limpar e guardar o paquímetro em local apropriado, após sua utilização, livre de umidade e calor excessivo, em estojos ou similares destinados a esse fim.
- Verificar se a peça a ser medida está isenta de rebarbas ou sujeiras, porque interferem na exatidão das medidas.
- Os paquímetros são fabricados para medição de peças estáticas, portanto não medir peças em movimento.
- Sempre que possível, colocar a peça o mais próximo possível do braço principal.
- Não forçar o deslizamento do cursor nem aplicar nele força excessiva.
- Não utilizar o paquímetro para outras finalidades que não sejam de medir (Por exemplo: usá-lo como compasso).
- Após o uso, limpar o paquímetro com lenço de papel ou pano macio que não solte fiapo. Se o paquímetro for guardado por um período longo, recomenda-se lubrificá-lo com um pano embebido com óleo para relojoeiro. Para paquímetros digitais, consultar o manual do fabricante.
- Guardar o paquímetro com as pontas de medição ligeiramente separadas.
- Evitar quedas.
- Evitar golpes nas orelhas.
- Nunca usá-lo como chave de aperto.
- Não o exponha ao sol, guarde-o em ambiente de baixa umidade, ventilado e livre de poeira.

11. MICRÔMETROS

Micrômetro

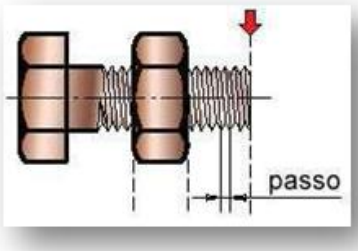
Origem e função do micrômetro

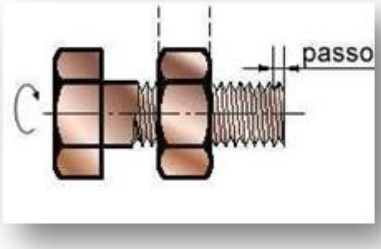
Jean Louis Palmer apresentou, pela primeira vez, um micrômetro para requerer sua patente.
O instrumento permitia a leitura de centésimos de milímetro, de maneira simples.
Com o decorrer do tempo, o micrômetro foi aperfeiçoado e possibilitou medições mais rigorosas e exatas do que o paquímetro.
De modo geral, o instrumento é conhecido como micrômetro. Na França, entretanto, em homenagem ao seu inventor, o micrômetro é denominado palmer.



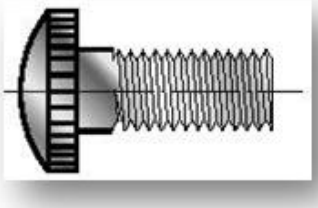
Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento do micrômetro assemelha-se ao do sistema parafuso e porca. Assim, há uma porca fixa e um parafuso móvel que, se der uma volta completa, provocará um descolamento igual ao seu passo.

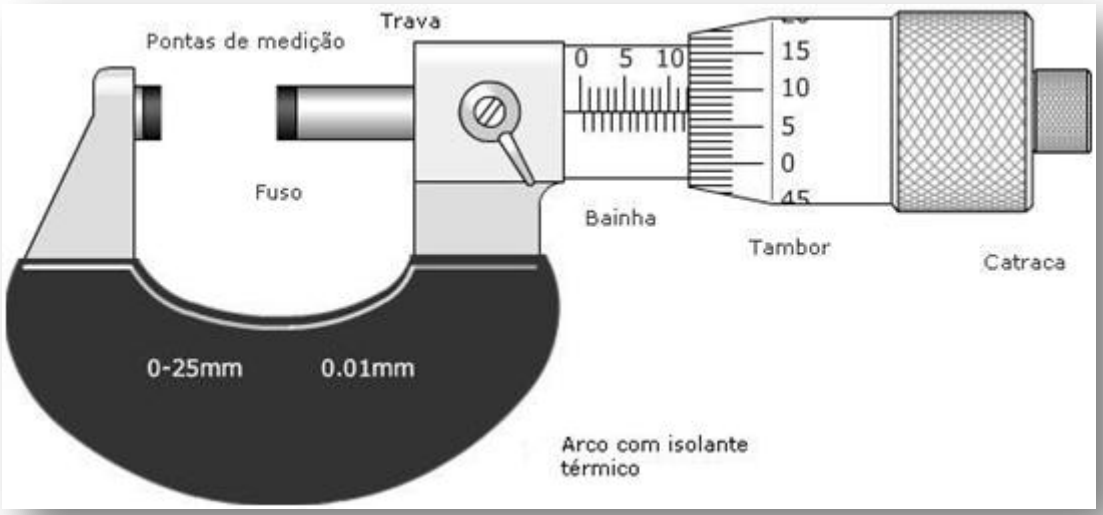




Desse modo, dividindo-se a "cabeça" do parafuso, pode-se avaliar frações menores que uma volta e, com isso, medir comprimentos menores do que o passo do parafuso.



Nomenclatura:



Vamos ver os principais componentes de um micrômetro:

- **O arco** é constituído de aço especial ou fundido, tratado termicamente para eliminar as tensões internas.
- **O isolante térmico,** fixado ao arco, evita sua dilatação porque isola a transmissão de calor das mãos para o instrumento.
- **O fuso micrométrico** é construído de aço especial temperado e retificado para garantir exatidão do passo da rosca.
- **As pontas de medição** tocam a peça a ser medida e, para isso, apresentam-se rigorosamente planas e paralelas. Em alguns instrumentos, os contatos são de metal duro, de alta resistência ao desgaste.
- **O tambor** é onde se localiza a escala centesimal. Ele gira ligado ao fuso micrométrico. Portanto, a cada volta, seu deslocamento é igual ao passo do fuso micrométrico.
- **A catraca** ou fricção assegura uma pressão de medição constante.
- **A trava** permite imobilizar o fuso numa medida predeterminada.

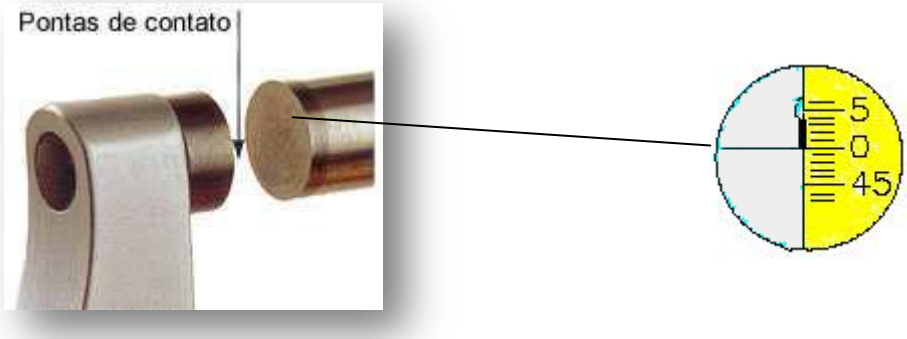
Características

Os micrômetros caracterizam-se pela:

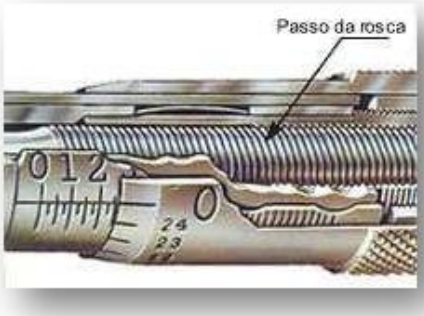
- Capacidade;
- Resolução;
- Aplicação

A capacidade de medição dos micrômetros normalmente é de 25 mm (ou 1"), variando o tamanho do arco de 25 em 25 mm (ou 1" em 1"). Podem chegar a 2000 mm (ou 80").
A resolução nos micrômetros pode ser de 0,01 mm; 0,001 mm; .001" ou .0001".

No micrômetro de 0 a 25 mm ou de 0 a 1", quando as faces dos contatos estão juntas, a borda do tambor coincide com o traço zero (0) da bainha. A linha longitudinal, gravada na bainha, coincide com o zero (0) da escala do tambor.



Características do projeto de fabricação:
Roscas extra-duras com extrema precisão no passo.



Arco rígido em uma só peça até 150 mm (6").

Tipos e usos:

De profundidade

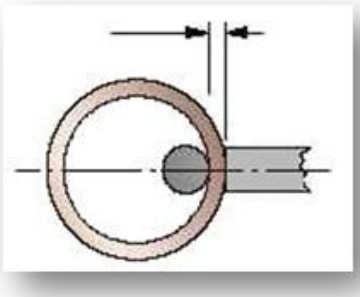
Conforme a profundidade a ser medida, utilizam-se hastes de extensão, que são fornecidas juntamente com o micrômetro.

Com arco profundo
Serve para medições de espessuras de bordas ou de partes salientes das peças.

Com disco nas hastes
O disco aumenta a área de contato possibilitando a medição de papel, cartolina, couro, borracha, pano etc. Também é empregado para medir dentes de engrenagens.

Com contato em forma de V
É especialmente construído para medição de ferramentas de corte que possuem número ímpar de cortes (fresas de topo, macho, alargadores etc.). Os ângulos em V dos micrômetros para medição de ferramentas de 3 cortes é de 60º; 5 cortes, 108º e 7 cortes, 128º34'17".

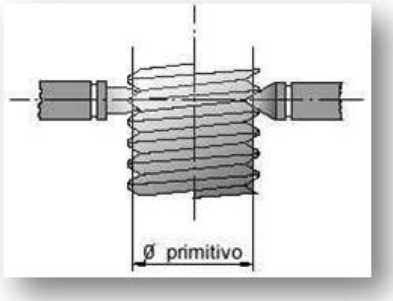
Para medir parede de tubos
Este micrômetro é dotado de arco especial e possui o contato a 90º com a haste móvel, o que permite a introdução do contato fixo no furo do tubo.



Contador mecânico
É para uso comum, porém sua leitura pode ser efetuada no tambor ou no contador mecânico. Facilita a leitura independentemente da posição de observação (erro de paralaxe).

Digital eletrônico
Ideal para leitura rápida, livre de erros de paralaxe, próprio para uso em controle estatístico de processos, juntamente com microprocessadores.

Para medição de roscas
Especialmente construído para medir roscas triangulares, este micrômetro possui as hastes furadas para que se possa encaixar as pontas intercambiáveis, conforme o passo para o tipo da rosca a medir.



Leitura com Micrômetro: Sistema Métrico

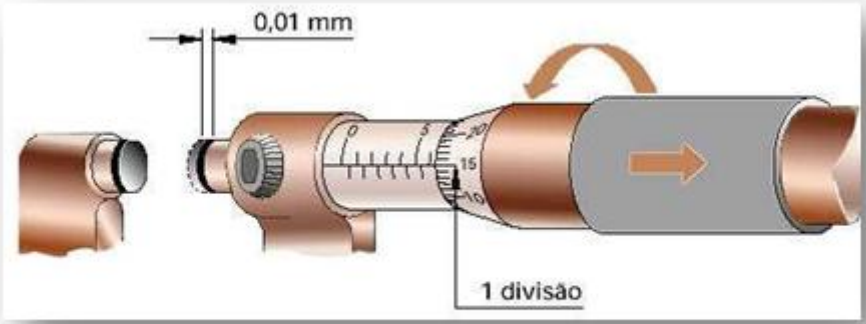
Resolução de 0,01 mm
Vejamos como se faz o cálculo de leitura em um micrômetro. A cada volta do tambor, o fuso micrométrico avança uma distância chamada passo.
A resolução de uma medida tomada em um micrômetro corresponde ao menor deslocamento do seu fuso. Para obter a medida, divide-se o passo pelo número de divisões do tambor.

$$Resolução = \frac{Passo\ da\ rosca\ do\ fuso\ micrométrico}{Número\ de\ divisões\ do\ tambor}$$

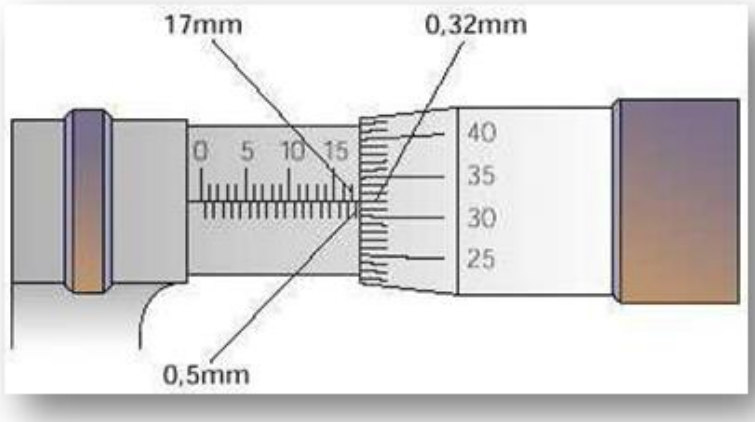
Se o passo da rosca é de 0,5 mm e o tambor tem 50 divisões, a resolução será:

Resolução= 0,5 mm / 50 divisões ➡ 0,01 mm

Assim, girando o tambor, cada divisão provocará um deslocamento de 0,01 mm no fuso.

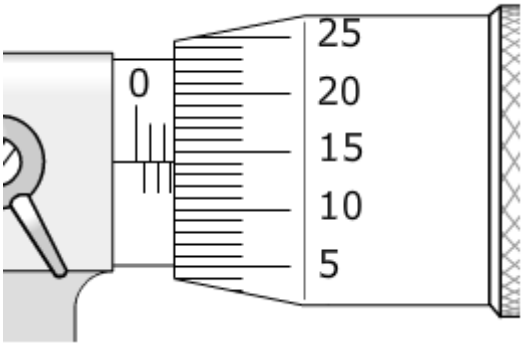


Leitura no micrômetro com resolução de 0,01 mm.
1º passo: leitura dos milímetros inteiros na escala da bainha.
2º passo: leitura dos meios milímetros, também na escala da bainha.
3º passo: leitura dos centésimos de milímetro na escala do tambor

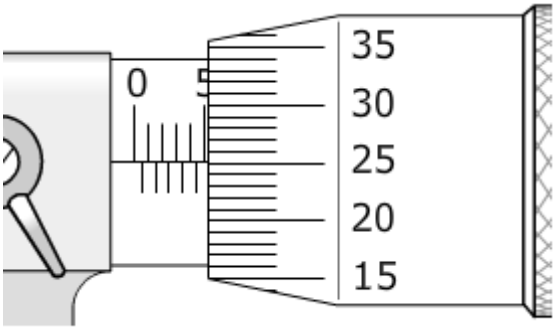


17,00mm (escala dos mm da bainha)
\+ 0,50mm (escala dos meios mm da bainha)
0,32mm (escala centesimal do tambor)
17,82mm Leitura total

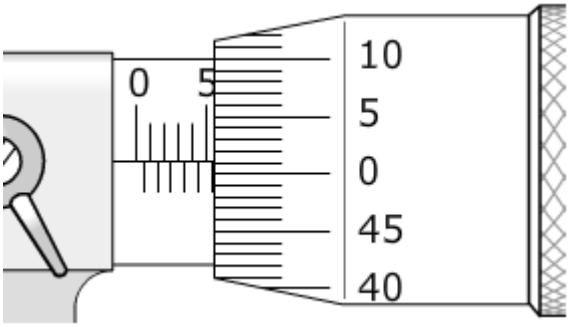
Verificando o entendimento:



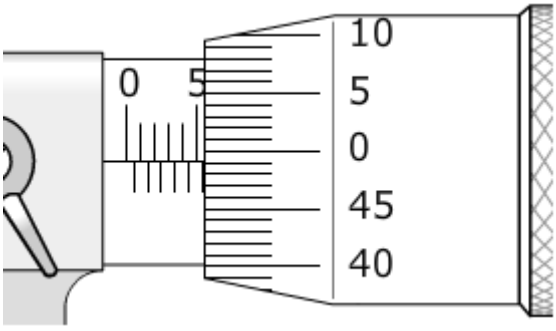
Leitura:----------



Leitura:----------



Leitura:----------



Leitura:----------

Resolução de 0,001 mm

Quando no micrômetro houver nônio, ele indica o valor a ser acrescentado à leitura obtida na bainha e no tambor. A medida indicada pelo nônio é igual à leitura do tambor, dividida pelo número de divisões do nônio.

Se o nônio tiver dez divisões marcadas na bainha, sua resolução será

$$R = \frac{0{,}01}{10} = 0{,}001\ mm$$

Leitura no micrômetro com resolução de 0,001 mm.

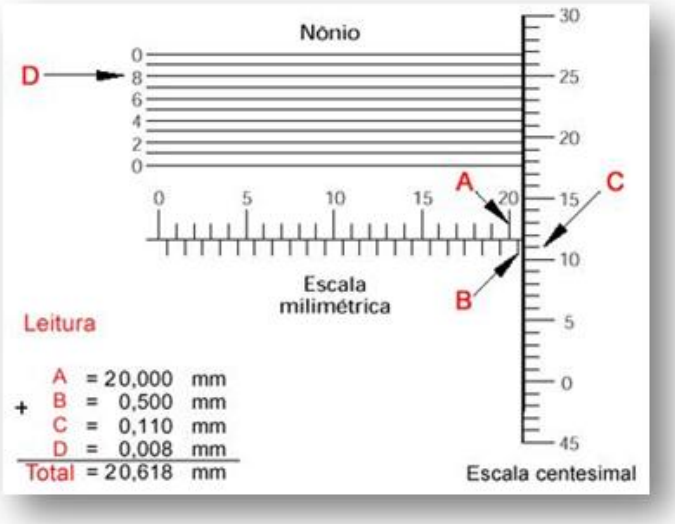
1º passo: leitura dos milímetros inteiros na escala da bainha.

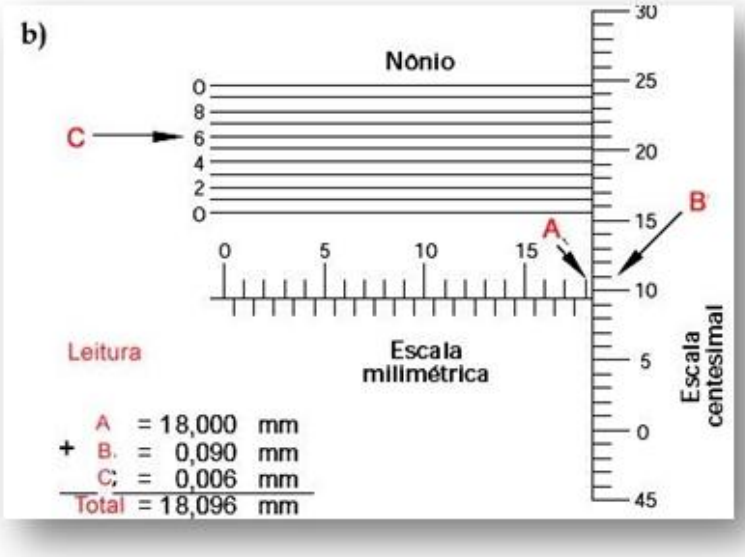
2º passo: leitura dos meios milímetros na mesma escala.

3º passo: leitura dos centésimos na escala do tambor.

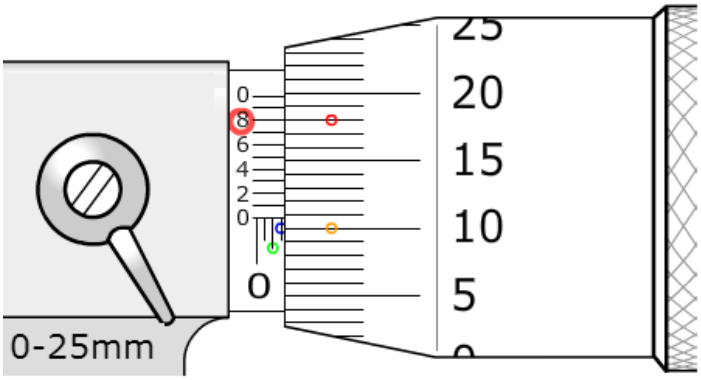
4º passo: leitura dos milésimos com o auxílio do nônio da bainha, verificando qual dos traços do nônio coincide com o traço do tambor.

A leitura final será a soma dessas quatro leituras parciais

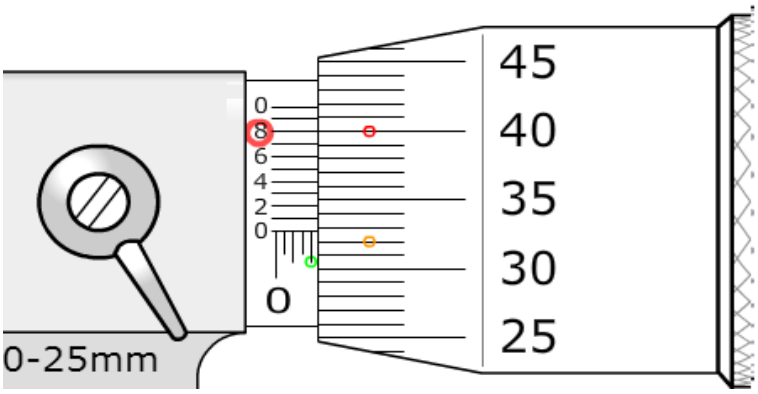




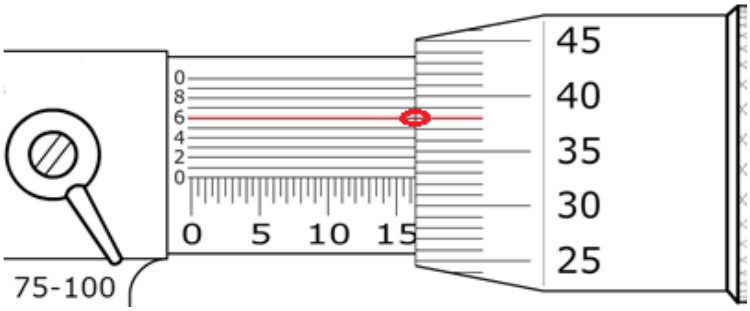
Verificando o entendimento:



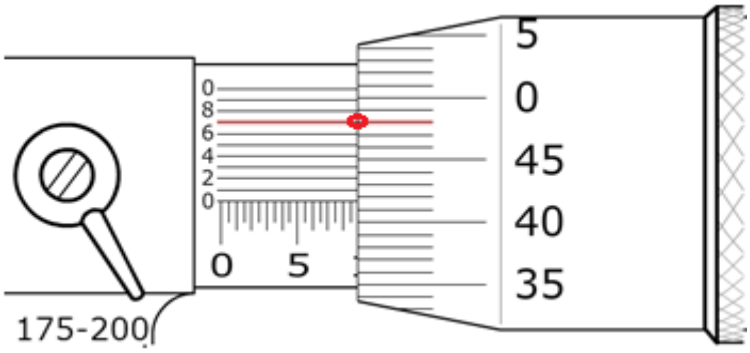
Leitura:----------



Leitura:----------



Leitura:----------

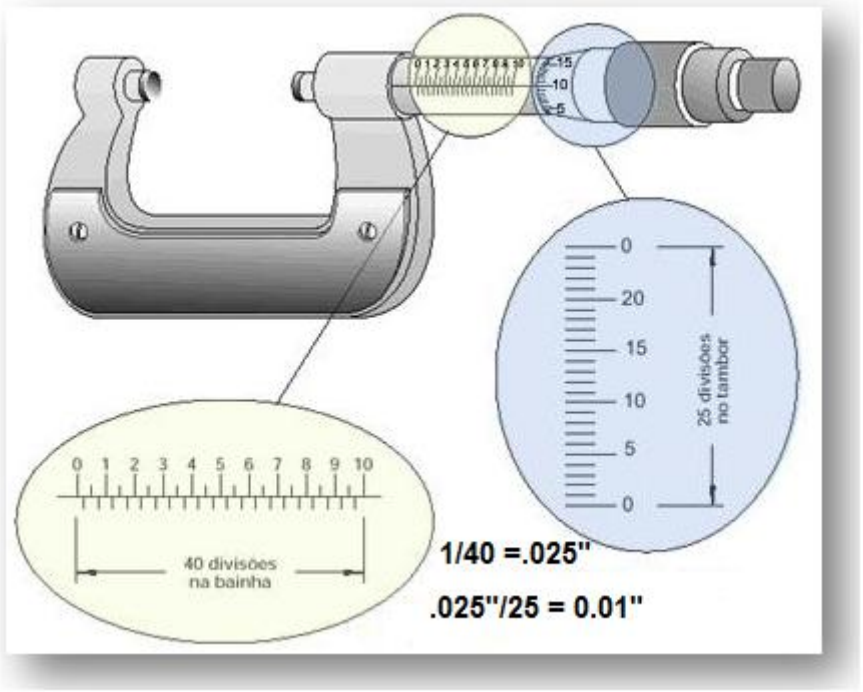


Leitura:----------

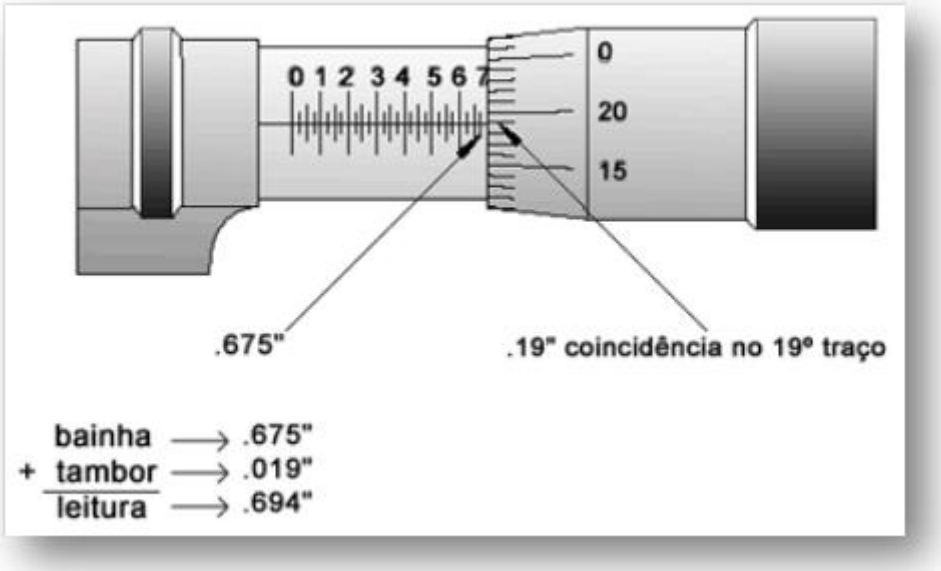
Leitura com Micrômetro no Sistema Inglês

No sistema inglês, o micrômetro apresenta as seguintes características:

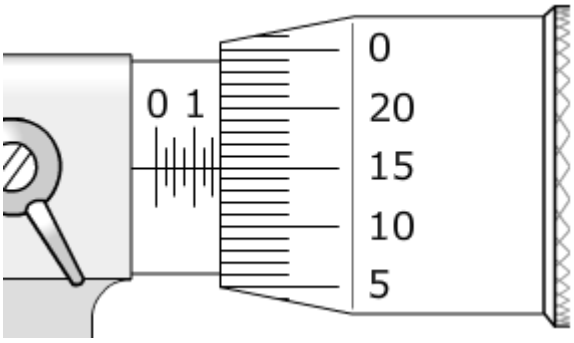
- Na bainha, está gravado o comprimento de uma polegada, dividido em 40 partes iguais. Desse modo, cada divisão equivale a 1" : 40 = .025";
- O tambor do micrômetro, com resolução de .001", possui 25 divisões.

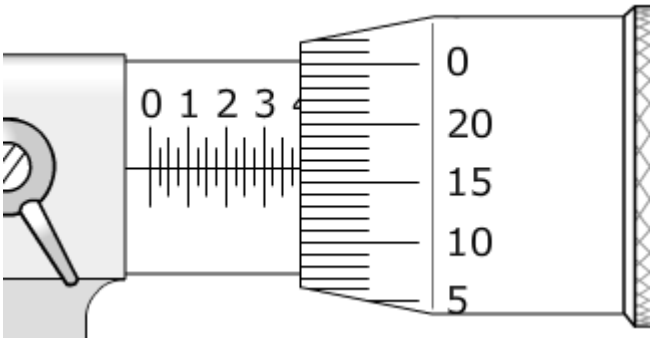


Para medir com o micrômetro de resolução .001", lê-se primeiro a indicação da bainha. Depois, soma-se essa medida ao ponto de leitura do tambor, que coincide com o traço de referência da bainha.



Verificando o entendimento:





Leitura:---------- Leitura:----------

Micrômetro com resolução .0001"
Para a leitura no micrômetro de .0001", além das graduações normais que existem na bainha (25 divisões), há um nônio com dez divisões. O tambor divide-se, então, em 250 partes iguais.

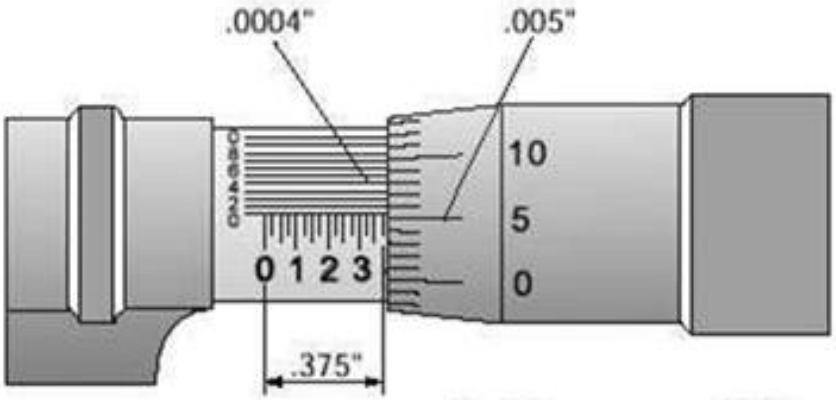
A leitura do micrômetro é:
Sem nônio

$$resolução = \frac{passo\ da\ rosca}{número\ de\ divisões\ do\ tambor} = \frac{.025"}{25} = .001"$$

Com nônio

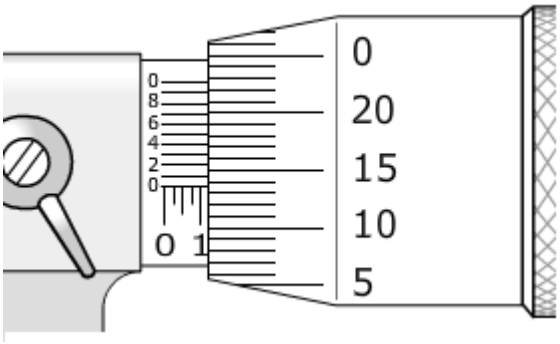
$$resolução = \frac{resolução\ do\ tambor}{número\ de\ divisões\ do\ nônio} = \frac{.001"}{10} = .0001"$$

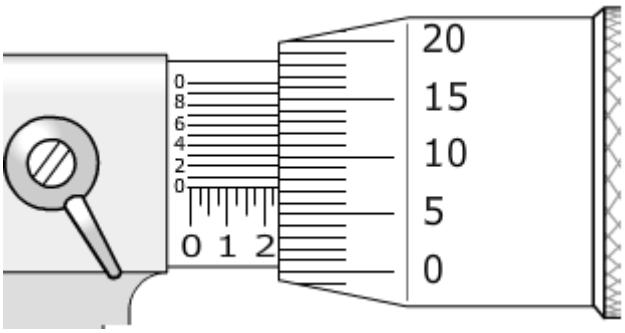
Para medir, basta adicionar as leituras da bainha, do tambor e do nônio.



bainha → .375"
\+ tambor → .005"
nônio → .0004"
leitura total → .3804"

Verificando o entendimento:





Leitura:---------- Leitura:----------

Calibração (regulagem da bainha)

Antes de iniciar a medição de uma peça, devemos calibrar o instrumento de acordo com a sua capacidade.

Para os micrômetros cuja capacidade é de 0 a 25 mm, ou de 0 a 1", precisamos tomar os seguintes cuidados:

- Limpe cuidadosamente as partes móveis eliminando poeiras e sujeiras, com pano macio e limpo;
- Antes do uso, limpe as faces de medição; use somente uma folha de papel macio;
- Encoste suavemente as faces de medição usando apenas a catraca; em seguida, verifique a coincidência das linhas de referência da bainha com o zero do tambor; se estas não coincidirem, faça o ajuste movimentando a bainha com a chave de micrômetro, que normalmente acompanha o instrumento.

Para calibrar micrômetros de maior capacidade, ou seja, de 25 a 50 mm, de 50 a 75 mm etc. ou de 1" a 2", de 2" a 3" etc., deve-se ter o mesmo cuidado e utilizar os mesmos procedimentos para os micrômetros citados anteriormente, porém com a utilização de barra-padrão para calibração.

Conservação

- Limpar o micrômetro, secando-o com um pano limpo e macio (flanela);
- Untar o micrômetro com vaselina líquida, utilizando um pincel;
- Guardar o micrômetro em armário ou estojo apropriado, para não deixá-lo exposto à sujeira e à umidade;
- Evitar contatos e quedas que possam riscar ou danificar o micrômetro e sua escala.

Micrômetro interno

Tipos de micrômetro interno - Imicro

Para medição de partes internas, empregam-se dois tipos de micrômetros:

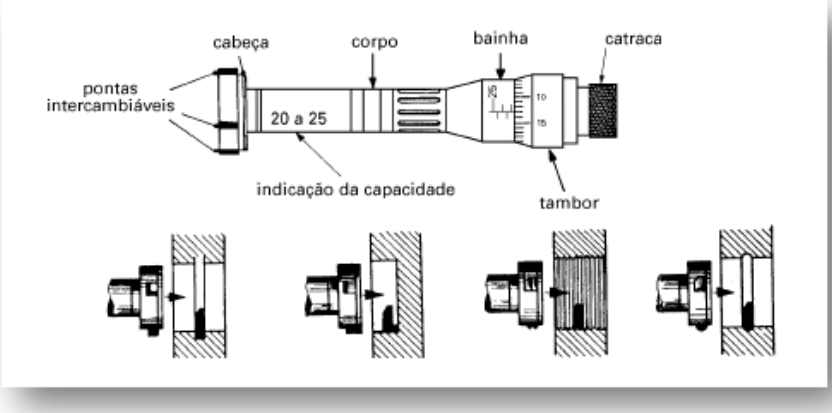
- Micrômetro interno de dois contatos (tubular e tipo paquímetro).

- Micrômetro interno de três contatos;

Este tipo de micrômetro é usado exclusivamente para realizar medidas em superfícies cilíndricas internas, permitindo leitura rápida e direta.
Característica principal: ser auto centrante, devido à forma e à disposição de suas pontas de contato, que formam, entre si, um ângulo de 120º.

Micrômetro interno de três contatos com pontas intercambiáveis

Esse micrômetro é apropriado para medir furos roscados, canais e furos sem saída, pois suas pontas de contato podem ser trocadas de acordo com a peça que será medida

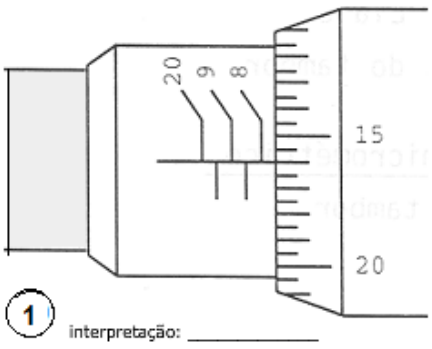


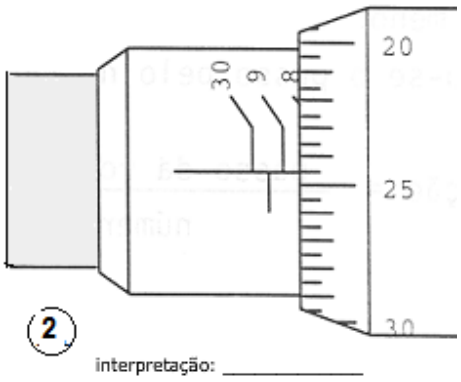
Para obter a resolução, basta dividir o passo do fuso micrométrico pelo número de divisões do tambor.
Sua leitura é feita no sentido contrário à do micrômetro externo

A leitura em micrômetros internos de três contatos é realizada da seguinte maneira:
· o tambor encobre a divisão da bainha correspondente a 18 mm;
· a esse valor deve-se somar aquele fornecido pelo tambor: 0,170 mm;
· o valor total da medida será, portanto: 18,170 mm.

Precaução: devem-se respeitar, rigorosamente, os limites mínimo e máximo da capacidade de medição, para evitar danos irreparáveis ao instrumento.

Verificando o entendimento:





12. RÉGUAS DE CONTROLE

Réguas de Controle

Réguas de controle são instrumentos para a verificação de superfícies planas, construídas de aço, ferro fundido ou de granito. Apresentam diversas formas e tamanhos, e classificam-se em dois grupos:

- Réguas de fios retificados;
- Réguas de faces lapidadas, retificadas ou rasqueteadas.

Réguas de fio retificado (biselada)

Construída de aço-carbono, em forma de faca (biselada), temperada e retificada, com o fio ligeiramente arredondado. É utilizada na verificação de superfícies planas

Para verificar a planicidade de uma superfície, coloca-se a régua com o fio retificado em contato suave sobre essa superfície, verificando se há passagem de luz. Repete-se essa operação em diversas posições.

Construída de aço-carbono, em forma de triângulo, com canais côncavos no centro e em todo o comprimento de cada face temperada, retificada e com fios arredondados.

É utilizada na verificação de superfícies planas, onde não se pode utilizar a Biselada

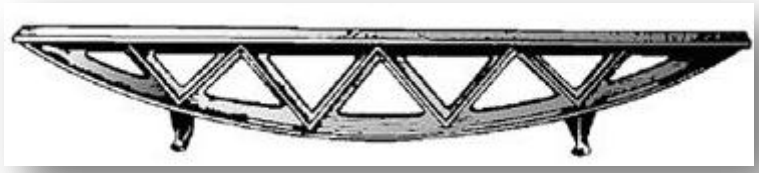
Réguas de faces retificadas ou rasqueteadas

Existem três tipos de régua com faces retificadas ou rasqueteadas:

- De superfície plana;
- Paralela plana;
- Triangular plana.

Régua de superfície plana

Confeccionada de ferro fundido, é usada para determinar as partes altas de superfícies planas que vão ser rasqueteadas. É o caso, por exemplo, das superfícies de barramento de torno.



Régua paralela plana

Confeccionada de granito negro, é utilizada na verificação do alinhamento ou retilineidade de máquinas ou dispositivos. Possui duas faces lapidadas.

Régua triangular plana

Feita de ferro fundido, é utilizada para verificar a planeza de duas superfícies em ângulo agudo ou o empenamento do bloco do motor. Pode ter ângulo de 45º ou de 60º.

Uso da régua de controle de faces retificadas ou rasqueteadas

Coloca-se uma substância sobre a face que entrará em contato com a superfície. No caso de peças de ferro fundido, usa-se uma camada de zarcão ou azul da prússia. Para peças de aço, utiliza-se negro de fumo. Ao deslizá-la em vários sentidos, sem pressioná-la, a tinta indicará os pontos altos da superfície.

Dimensões

Sempre que for possível, a régua deve ter um comprimento maior que o da superfície que será verificada.

As dimensões das réguas encontradas no comércio estão indicadas nos catálogos dos fabricantes.

Condições de uso

Verifique se as arestas ou faces de controle estão em perfeitas condições, antes de usar as réguas.

Conservação

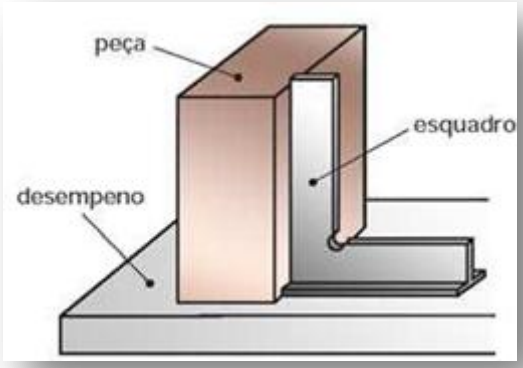
- Não pressionar nem atritar a régua de fios retificados contra a superfície;
- Evitar choques;
- Não manter a régua de controle em contato com outros instrumentos;
- Após o uso, limpá-la e lubrificá-la adequadamente (a régua de granito não deve ser lubrificada);
- Guardar a régua de controle em estojo;

Em caso de oxidação (ferrugem) nas superfícies da régua de aço ou ferro fundido, limpá-las com pedra-pomes e óleo. Não usar lixa.

13. ESQUADRO DE PRECISÃO E GABARITOS

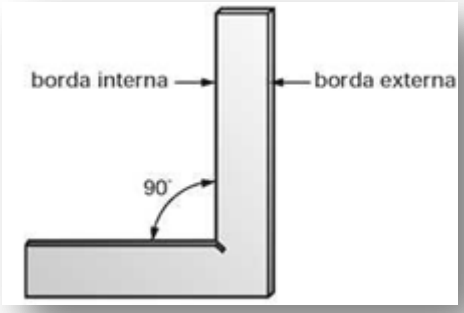
Esquadros

É um instrumento em forma de ângulo reto, construído de aço, ou granito. Usa-se para verificação de superfícies em ângulo de 90º.

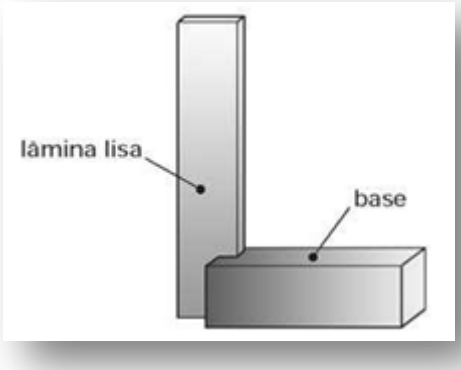


Os esquadros são classificados quanto à forma e ao tamanho.

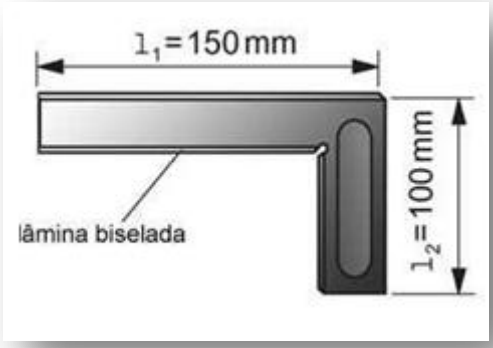
Classificação quanto a forma:
Simples ou plano de uma só peça.



De base com lâmina lisa, utilizado também para traçar.



Com lâmina biselada, utilizado para se obter melhor visualização, em virtude da pequena superfície de contato.

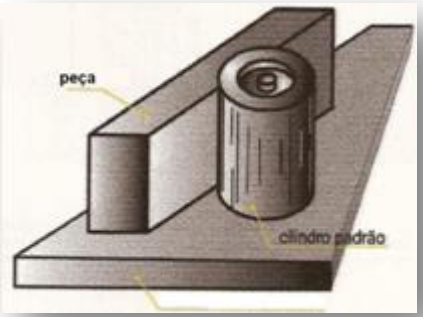


Conservação

- Manter os esquadros livres de batidas;
- Conservá-los sem rebarbas, limpos;
- Lubrificá-los e guardá-los em lugar onde não haja atrito com outras ferramentas (o esquadro de granito não deve ser lubrificado).

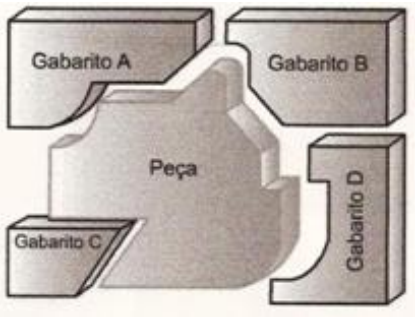
Cilindro padrão e Coluna padrão

É um esquadro de forma cilíndrica, fabricado de aço-carbono temperado e retificado.
Usa-se para verificação de superfícies em ângulo de 90º, quando a face de referência é suficientemente ampla para oferecer bom apoio.
O cilindro-padrão tem sua base rigorosamente perpendicular a qualquer geratriz da sua superfície cilíndrica. Também a coluna padrão possui as duas bases rigorosamente perpendiculares a qualquer dos quatro planos estreitos talhados nas suas arestas longitudinais e cuidadosamente retificados. A figura abaixo indica o modo de se fazer a verificação.



Gabaritos

Em determinados trabalhos em série, há necessidade de se lidar com perfis complexos, com furações, suportes e montagens. Nesse caso, utilizam-se gabaritos para verificação e controle, ou para facilitar certas operações.



Os gabaritos são instrumentos relativamente simples, confeccionados de aço carbono, podendo ser fabricados pelo próprio mecânico. Suas formas, tipos e tamanhos variam de acordo com o trabalho a ser realizado.

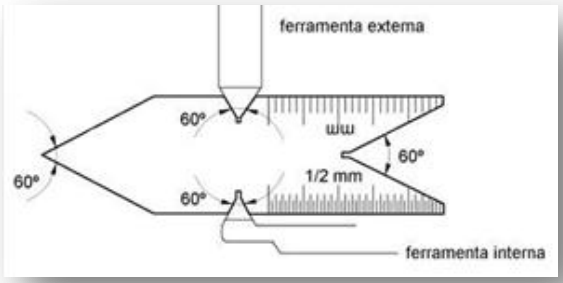
Os gabaritos comerciais são encontrados em formatos padronizados. Temos, assim, verificadores de raios, de ângulo

fixo para ferramentas de corte, escantilhões para rosca métrica e whithworth, etc.

Verificador de raio
Serve para verificar raios internos e externos. Em cada lâmina, é estampada a medida do raio.

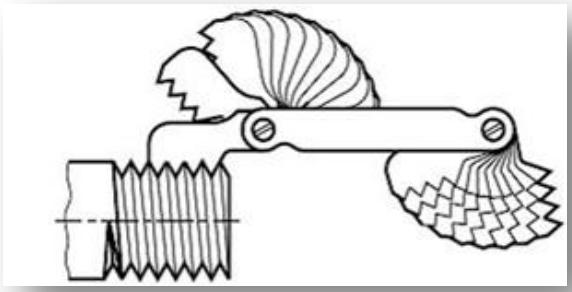
Verificador de ângulos
Usa-se para verificar superfícies em ângulos. Em cada lâmina vem gravado o ângulo, que varia de 1º a 45º.

Escantilhões para roscas métrica e whithworth



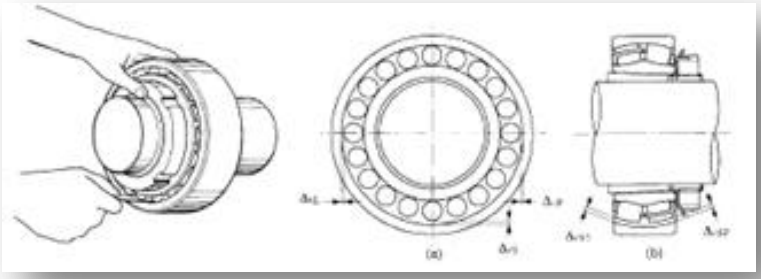
Servem para verificar e posicionar ferramentas para roscar em torno mecânico.

Verificador de rosca
Usa-se para verificar roscas em todos os sistemas.
Em suas lâminas, está gravado o número de fios por polegada ou o passo da rosca em milímetros.



Verificador de ângulo de broca
Serve para a verificação do ângulo de 59º e para a medição da aresta de corte de brocas.

Verificador de folga
O verificador de folga é confeccionado de lâminas de aço temperado, rigorosamente calibradas em diversas espessuras. As lâminas são móveis e podem ser trocadas. São usadas para medir folgas nos mecanismos ou conjuntos.



De modo geral, os verificadores de folga se apresentam em forma de canivete.

- *Não exercer esforço excessivo, o que pode danificar suas lâminas.*

Fieira
A fieira, ou verificador de chapas e fios, destina-se à verificação de espessuras e diâmetros.

Os modelos são de aço temperado. Caracterizam-se por uma série de entalhes. Cada entalhe corresponde, rigorosamente, a uma medida de diâmetro de fios ou espessuras de chapas, conforme a fieira adotada.
A verificação é feita por tentativas, procurando o entalhe que se ajusta ao fio ou à chapa que se quer verificar.

Conservação

- Evitar choques ou batidas nas faces de contato dos gabaritos, o que pode danificá-los irremediavelmente;
- Após o uso, limpá-los e guardá-los em local apropriado.

Compassos de medição

Os compassos em mecânica são usados para medir diâmetros e distâncias, ou para comparar distâncias e medidas.

Os três tipos mais comuns são: o compasso para medidas internas, o compasso para medidas externas; e o hermafrodita, que pode realizar as duas funções.

Compassos para medidas externas são usados para medir, por exemplo, o diâmetro de uma barra de seção circular. Os compassos para medidas internas têm as pontas curvadas para

permitir a medição de diâmetros internos de tubos ou furos, a distância entre duas superfícies, a largura de ranhuras e outras medidas semelhantes. Um compasso hermafrodita é usado, geralmente, como um instrumento de traçagem de linhas paralelas ou transferência de medidas.

O compasso hermafrodita não deve ser usado em medições de precisão.

Os compassos para medidas internas têm as pontas curvadas para permitir a medição de diâmetros internos de tubos ou furos, a distância entre duas superfícies.

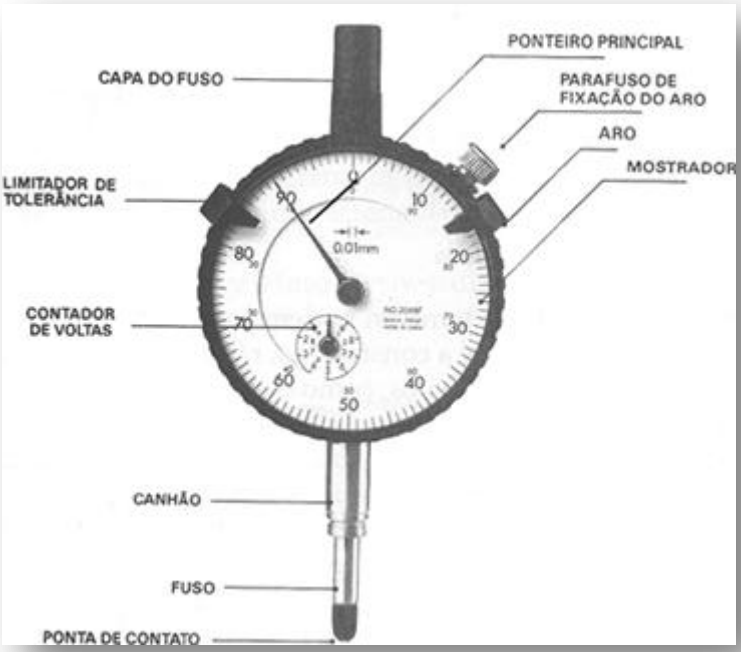
14. RELÓGIO COMPARADOR

Medir a grandeza de uma peça por comparação é determinar a diferença da grandeza existente entre ela e um padrão de dimensão predeterminado. Daí originou-se o termo medição indireta.

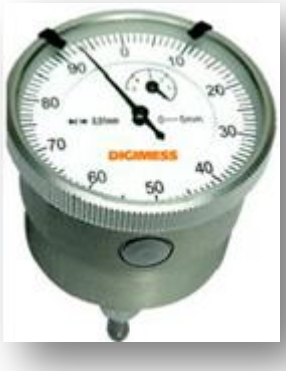
O relógio comparador é um instrumento de medição por comparação, dotado de uma escala e um ponteiro, ligados por mecanismos diversos a uma ponta de contato.
O comparador centesimal é um instrumento comum de medição por comparação. As diferenças percebidas nele pela ponta de contato são amplificadas mecanicamente e irão movimentar o ponteiro rotativo diante da escala.

Quando a ponta de contato sofre uma pressão e o ponteiro gira em sentido horário, a diferença é positiva.
Isso significa que a peça apresenta maior dimensão que a estabelecida. Se o ponteiro girar em sentido anti-horário, a diferença será negativa, ou seja, a peça apresenta menor dimensão que a estabelecida.

Existem vários modelos de relógios comparadores Os mais utilizados possuem resolução de 0,01 mm. O curso do relógio também varia de acordo com o modelo, porém os mais comuns são de 1 mm, 10 mm, .250” ou 1”.



Em alguns modelos, a escala dos relógios se apresenta perpendicularmente em relação a ponta de contato (vertical). E, caso apresentem um curso que implique mais de uma volta, os relógios comparadores possuem, além do ponteiro normal, outro menor, denominado contador de voltas do ponteiro principal.



Alguns relógios trazem limitadores de tolerância.

Esses limitadores são móveis, podendo ser ajustados nos valores máximo e mínimo permitidos para a peça que será medida. Existem ainda os acessórios especiais que se adaptam aos relógios comparadores. Sua finalidade é possibilitar controle em série de peças, medições especiais de superfícies verticais, de profundidade, de espessuras de chapas, etc.

As próximas figuras mostram esses dispositivos destinados à medição de profundidade e de espessuras de chapas.

Os relógios comparadores também podem ser utilizados para furos. Uma das vantagens de seu emprego é a constatação, rápida e em qualquer ponto, da dimensão do diâmetro ou de defeitos, como conicidade, ovalização etc.

Para medição de furos, o relógio comparador consiste basicamente num mecanismo que transforma o deslocamento radial de uma ponta de contato em movimento axial transmitido a um relógio comparador, no qual pode-se obter a leitura da dimensão. O instrumento deve ser previamente calibrado em relação a uma medida padrão de referência.
Esse dispositivo é conhecido como medidor interno com relógio comparador ou súbito.

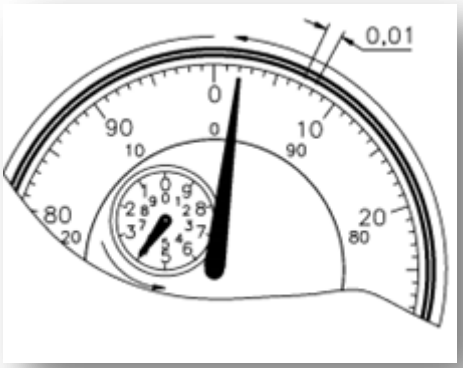
Medindo com o relógio comparador

Ligada ao grau de ampliação do deslocamento da ponta

- Uma volta completa (360°) corresponde a um certo movimento do fuso
- Esta volta é subdividida em frações iguais (valor de leitura do relógio)

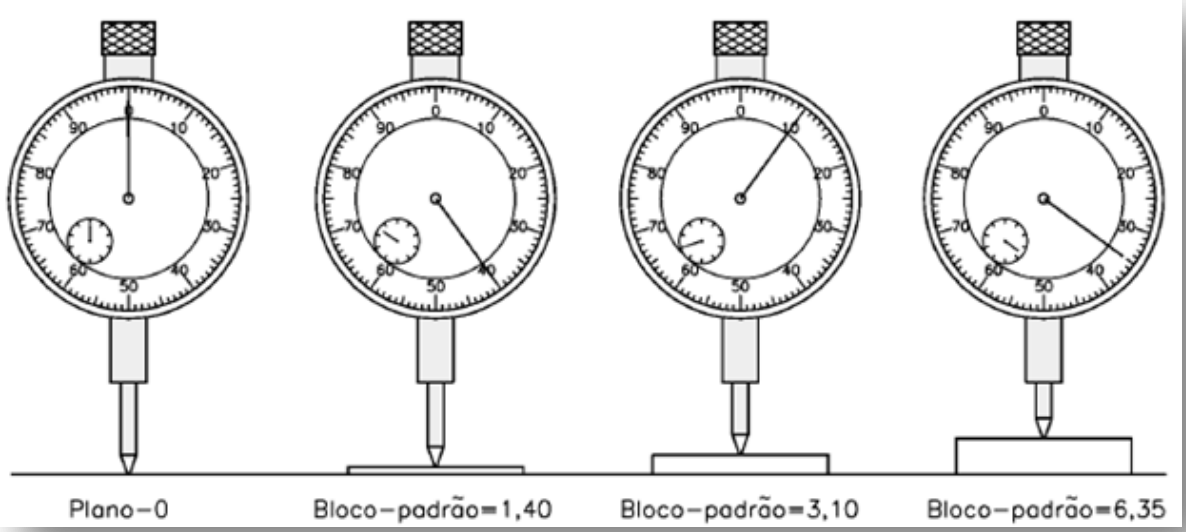
Relógio centesimal (0,01 mm):

Nos comparadores mais utilizados, uma volta completa do ponteiro corresponde a um deslocamento de 1mm da ponta de contato. Como o mostrador contém 100 divisões, cada divisão equivale a 0,01mm



Observação: Antes de tocar na peça, o ponteiro do relógio comparador fica em uma posição anterior a zero. Assim, ao iniciar uma medida, deve-se dar uma pré-carga para o ajuste do zero. Colocar o relógio sempre numa posição perpendicular em relação à peça, para não incorrer em erros de medida.

A verificação de possíveis erros é feita da seguinte maneira: com o auxílio de um suporte de relógio, tomam-se as diversas medidas nos blocos-padrão. Em seguida, deve-se observar se as medidas obtidas no relógio correspondem às dos blocos. São encontrados também calibradores específicos para relógios comparadores.



Leitura do relógio comparador:

Basta efetuar a leitura no relógio pequeno e verificar a leitura no relógio grande, adicionando se as leituras.

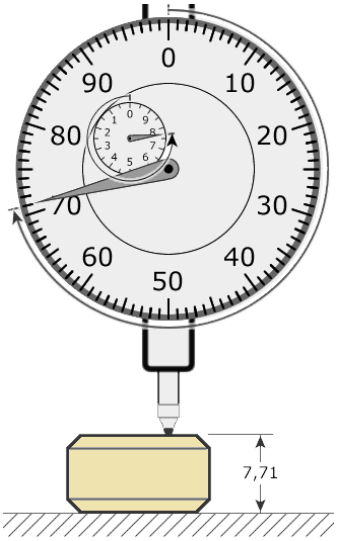
Caso o ponteiro grande desloque no sentido horário, a medida é positiva. Se o mesmo deslocar no sentido anti-horário a medida é negativa.
Lembre-se que o ponteiro grande e o ponteiro pequeno giram em sentido contrário.

Observemos um relógio comparador com faixa de operação de 10 mm e resolução de 0,01 mm .

Cada graduação do mostrador representa 0,01 mm.

A cada 10 graduações está numerado, portanto 10 significa 0,10 mm, o número 20 significa 0,20 mm, e assim por diante.

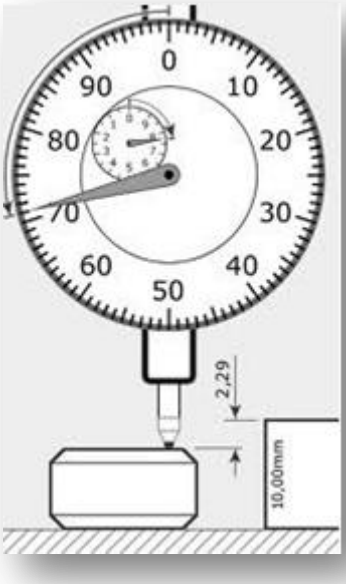
Existe no mostrador um total de 100 graduações, portanto cada volta completa do ponteiro é igual a 1 mm e que o ponteiro dá um total de 10 voltas, para completar sua faixa de 10 mm.



Cada uma destas voltas é registrada pelo ponteiro pequeno, chamado conta-voltas

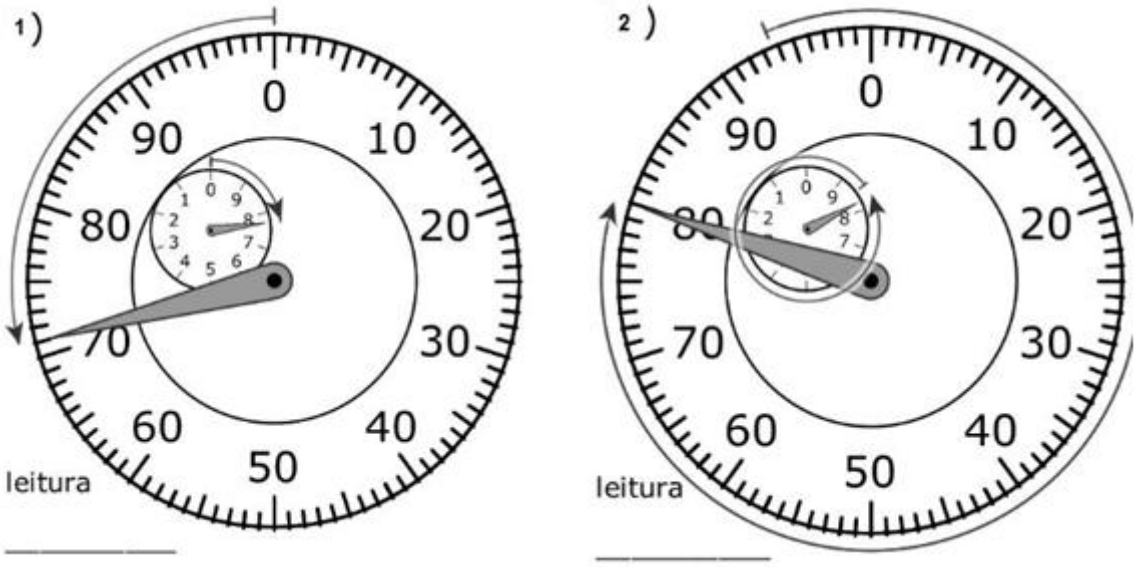
Resolução: 0,01mm
Ponteiro pequeno 4 – 5 mm = 1 mm
Ponteiro Grande 0 a 0,55
Total = 1 mm + 0,55 = 1,55 mm
Resposta: ***+ 1,55 mm*** *(horário)*

Resolução: 0,01 mm
Ponteiro pequeno 6 – 3 mm
Ponteiro grande 0,78 mm
Total = 3 mm + 0,78 mm
Resposta: ***- 3,78 mm*** *(anti horário)*



Resolução: 0,01mm
Ponteiro pequeno 0 – 2 mm = 2 mm
Ponteiro Grande 0 a 0,29
Total = 2 mm + 0,29 = 2,29 mm
Resposta: ***- 2,29 mm*** *(anti-horário)*

Verificando o entendimento:



Um relógio comparador com vernier igual a 0,01 mm foi utilizado para medir o desalinhamento máximo de uma roda. Qual é em mm a leitura indicada?*(PETROBRAS)*

(A) $(8{,}53 \pm 0{,}01)$
(B) $(8{,}53 \pm 0{,}005)$
(C) $(8{,}54 \pm 0{,}001)$
(D) $(53{,}8 \pm 0{,}005)$
(E) $(53{,}8 \pm 0{,}01)$

Bem ai só saber fazer a leitura do relógio comparador..... portanto temos **8,53**

Temos que identificar a precisão dele, pois o ponteiro passa do 53 mas não chega a 54, para isso lembramos que ele tem precisão de centésimos de precisão nos "tracinhos" que substituem os números, assim como diz no enunciado a precisão é de 0,01, logo se o ponteiro esta no meio do caminho entre os "tracinhos" tenho +- 0,005 (ou seja um valor aproximado em milésimo de mm)

Portanto a resposta é (8,53 +- 0,005)

Portanto a resposta correta é a **alternativa B**

Funcionamento do relógio

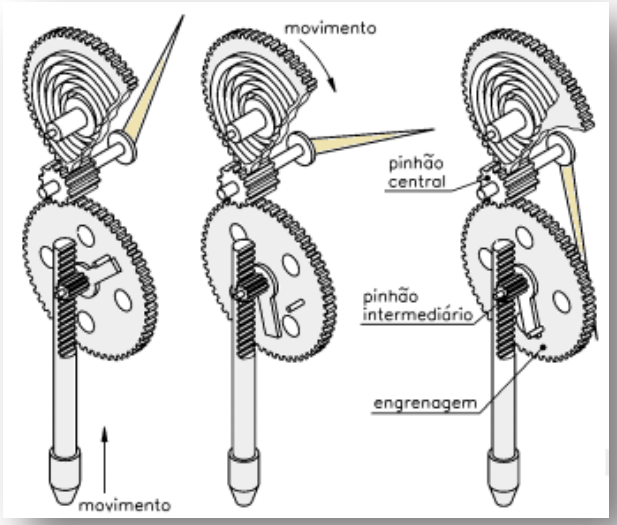
Mecanismos de amplificação

O funcionamento do relógio se da através de mecanismos de ampliação, caracterizando este instrumento, como instrumento de medição indireta.
Os sistemas usados nos mecanismos de amplificação são por engrenagem, por alavanca e mista.

• Amplificação por engrenagem

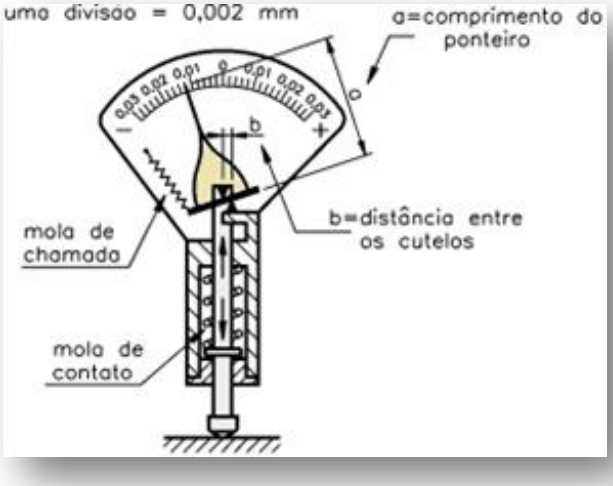
Os instrumentos mais comuns para medição por comparação possuem sistema de amplificação por engrenagens.
As diferenças de grandeza que acionam o ponto de contato são amplificadas mecanicamente.

A ponta de contato move o fuso que possui uma cremalheira, que aciona um trem de engrenagens que, por sua vez, aciona um ponteiro indicador no mostrador.



• Amplificação por alavanca

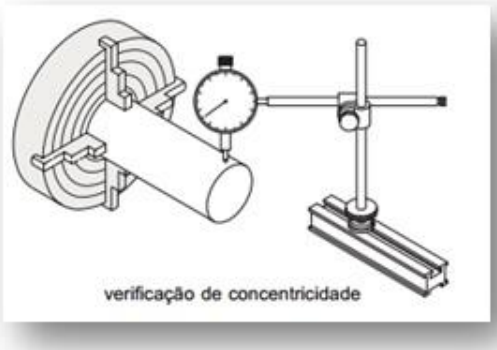
O princípio da alavanca aplica-se a aparelhos simples, chamados indicadores com alavancas, cuja capacidade de medição é limitada pela pequena amplitude do sistema basculante.

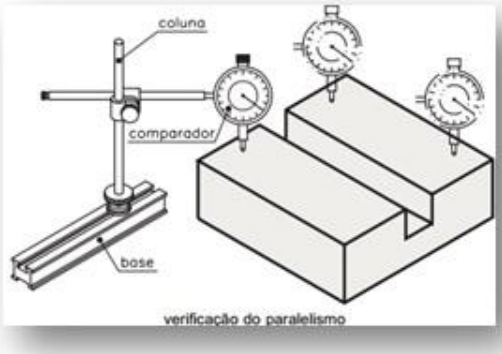


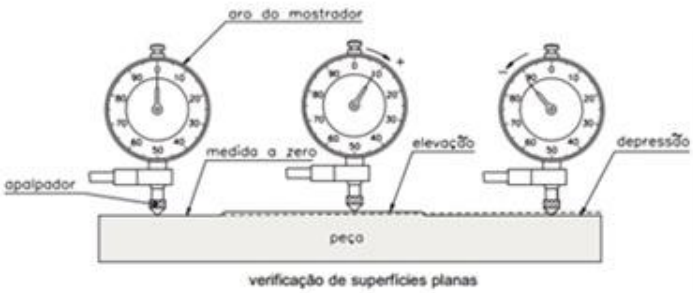
• Amplificação mista

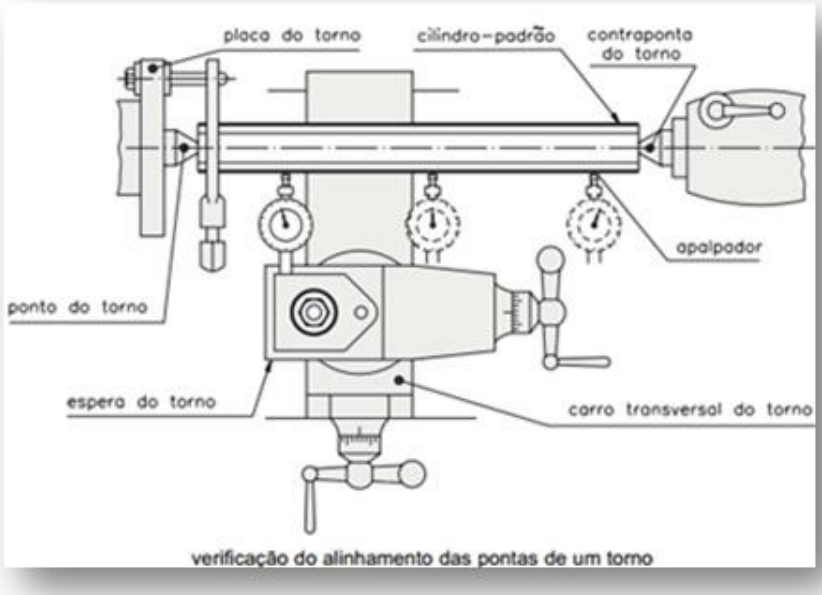
É o resultado da combinação entre alavanca e engrenagem.
Permite levar a sensibilidade até 0,001mm, sem reduzir a capacidade de medição.

Aplicações dos relógios comparadores





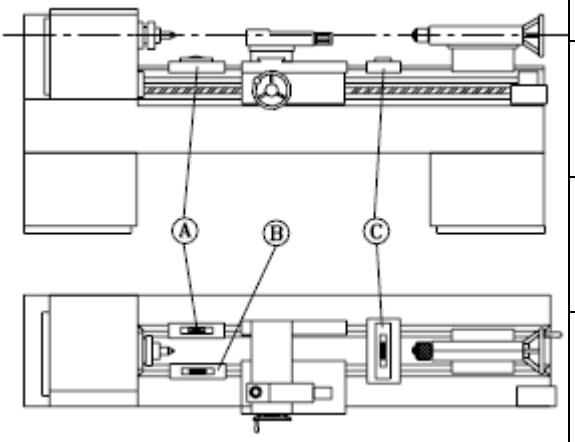
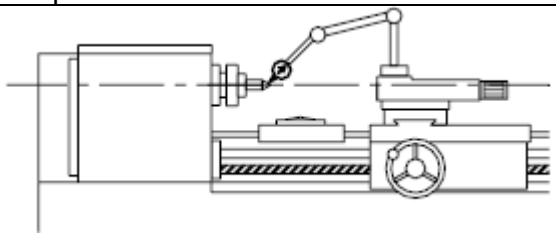
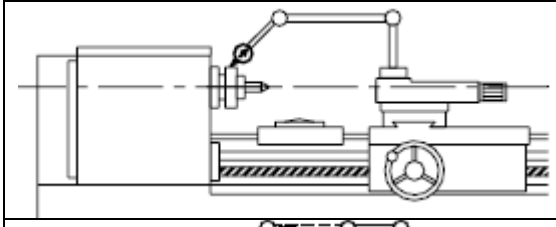
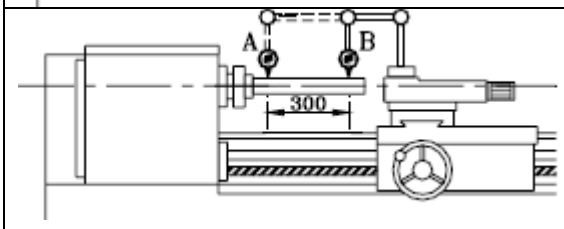
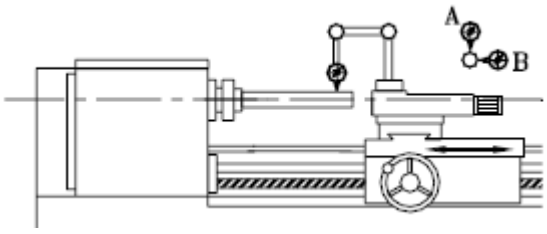




Conservação

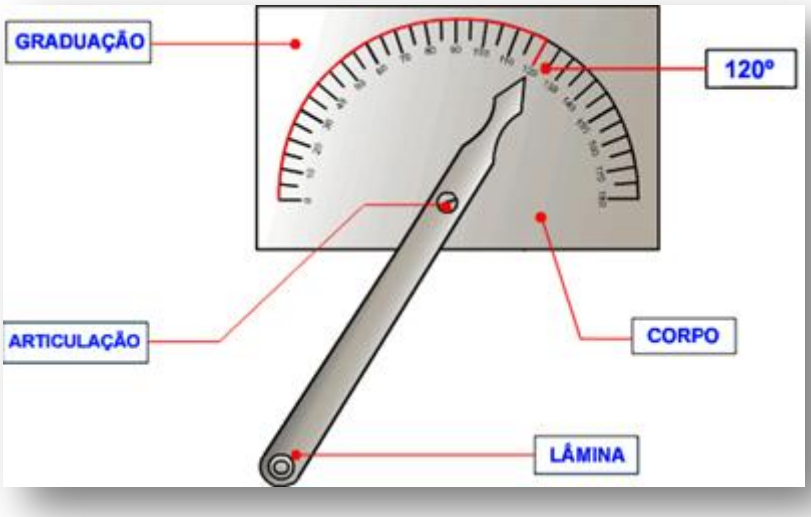
- Descer suavemente a ponta de contato sobre a peça;
- Levantar um pouco a ponta de contato ao retirar a peça;
- Evitar choques, arranhões e sujeira;
- Manter o relógio guardado no seu estojo;
- Os relógios devem ser lubrificados internamente nos mancais das engrenagens

Sugestões para aulas em laboratório

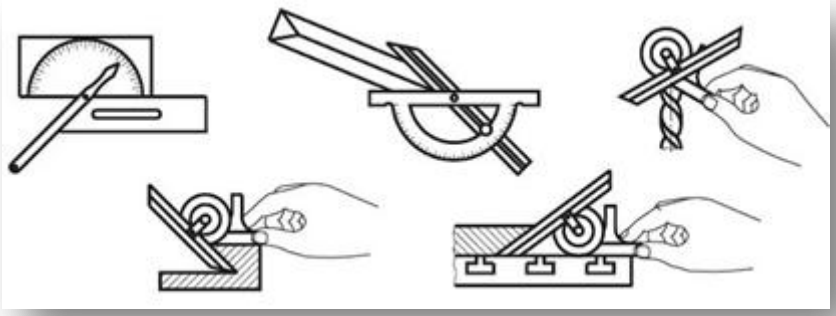
Testes de comprovação final Para tornos de precisão até 400 mm de altura nos pontos				
Esquema		***Comprovação de***	***Tolerâncias [mm]***	
			Admissível	***Verificada***
Barramento		Barramento plano na direção longitudinal verificado com o nível posição “A”	0,02 em 1000	
		IDEM com o nível posição “B”	0,02 em 1000	
		Barramento plano na direção transversal verificado com o nível posição “C”	± 0,02* em 1000	
	* É permitido + ou somente - em todo comprimento (sem torção)			
Arvore		Excentricidade do ponto	0,01	
		Excentricidade no assento da placa	0,01	
		Excentricidade no assento cônico da árvore verificada no ponto “A” a 10 mm.	0,01	
		IDEM no ponto “B” a 300 mm.	0,03	
		Paralelismo entre a árvore e o movimento longitudinal da mesa, verificado num plano vertical com o relógio posição “A”.	0,02* em 300	
		IDEM num plano horizontal com o relógio posição “B”.	0,02* em 300	
	* É permitido somente a ponta livre do mandril para cima e para frente do torno.			

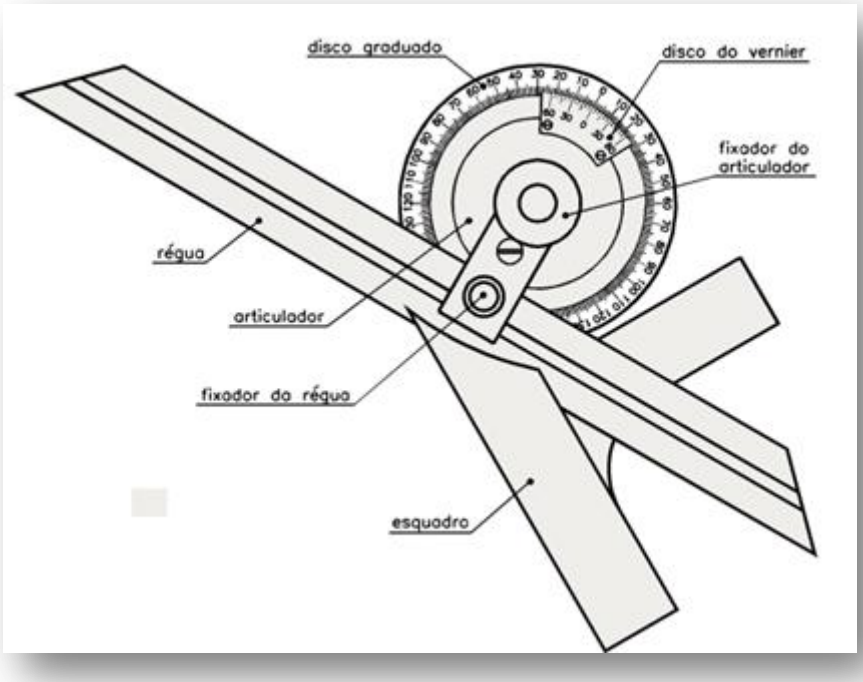
15. GONIÔMETRO

O goniômetro é um instrumento de medição ou de verificação de medidas angulares.
O goniômetro simples, também conhecido como transferidor de grau. É utilizado em medidas angulares que não necessitam de extremo rigor. Sua menor divisão é de 1º (um grau). Há diversos modelos de goniômetro.
No transferidor de graus, podemos observar medidas de um ângulo agudo e outro obtuso.



Na figura que segue, temos um goniômetro de precisão. O disco graduado apresenta quatro graduações de 0º a 90º. O articulador gira com o disco do vernier e, em sua extremidade, há um ressalto adaptável à régua.





Cálculo da Resolução

Na leitura do nônio, utilizamos o valor de 5' (5 minutos) para cada traço do nônio. Dessa forma, se for o 2º traço no nônio que coincide com um traço da escala fixa, adicionamos 10' aos graus lidos na escala fixa; se for o 3º traço, adicionamos 15'; se o 4º, 20', etc.

A resolução do nônio é dada pela fórmula geral, a mesma utilizada em outros instrumentos de medida com nônio, ou seja: divide-se a menor divisão do disco graduado pelo número de divisões do nônio.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Menor divisão do disco graduado}}{\text{Número de divisões do nonio}}$$

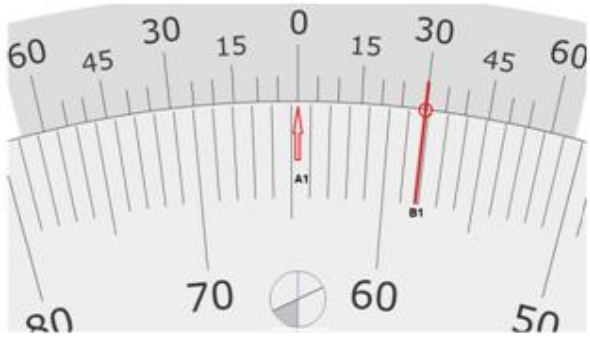
Ou seja:

$$\text{Resolução} = \frac{1}{12} = \frac{60º}{12} = 5'$$

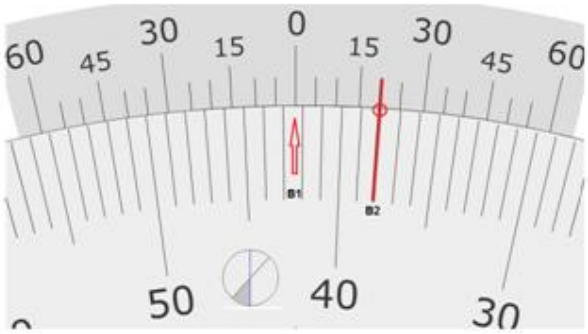
Leitura do Goniômetro

Os graus inteiros são lidos na graduação do disco, com o traço zero do nônio. Na escala fixa, a leitura pode ser feita tanto no sentido horário quanto no sentido anti-horário.

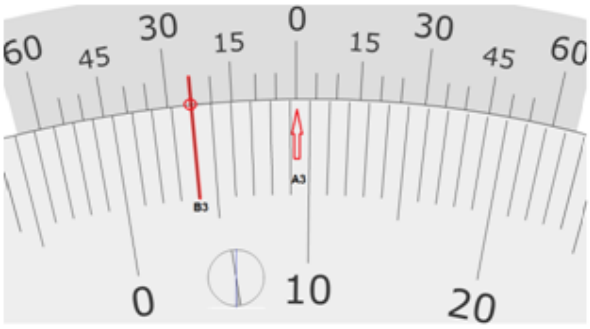
A leitura dos minutos, por sua vez, é realizada a partir do zero nônio, seguindo a mesma direção da leitura dos graus. Assim, veja nas figuras seguintes suas medidas:



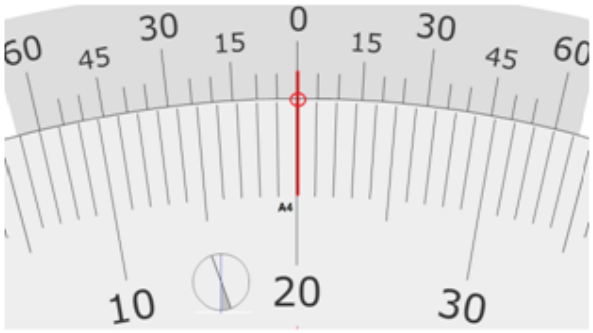
A1= 64º B1 = 30' leitura completa 64º30'



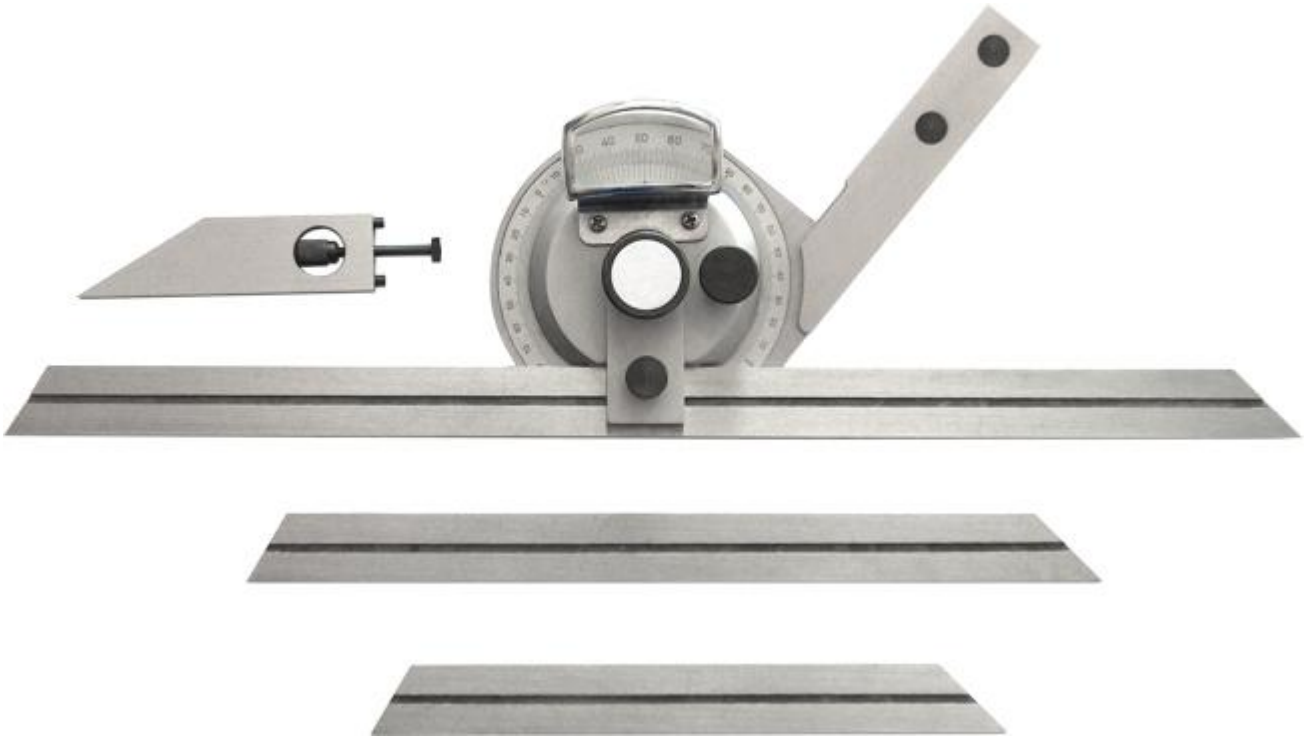
A2= 42º B2 = 20' leitura completa 42º20'



A3= 9º B3 = 15' leitura completa 9º15'



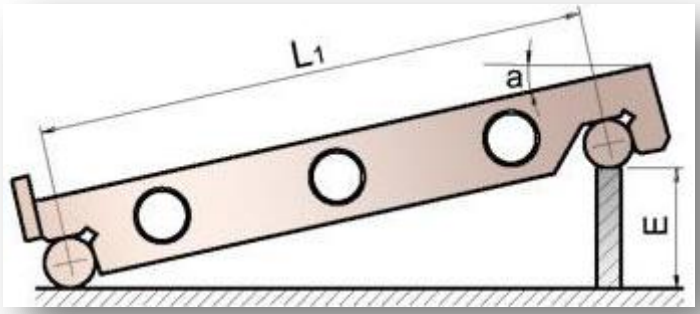
A4= 20º B2 = 0' leitura completa 20º



16. RÉGUAS E MESAS DE SENO

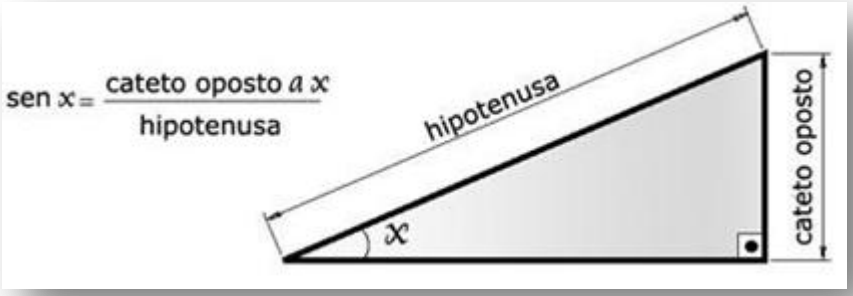
Régua de seno

A régua de seno é constituída de uma barra de aço temperado e retificado. Com formato retangular, possui dois rebaixos: um numa extremidade e outro próximo à extremidade oposta. Nesses rebaixos é que se encaixam os dois cilindros que servem de apoio à régua.



Os furos existentes no corpo da régua reduzem seu peso e possibilitam a fixação das peças que serão medidas. A distância entre os centros dos cilindros da régua de seno varia de acordo com o fabricante.

Recordando a trigonometria:



As Réguas de seno, assim como as Mesas de seno são utilizadas para a medição de ângulos com resolução de segundos e, para que se obtenha maior precisão nas medidas de ângulos, é preciso que a Régua atenda as seguintes condições:

a - os cilindros devem ter exatamente o mesmo diâmetro e serem geometricamente perfeitos;

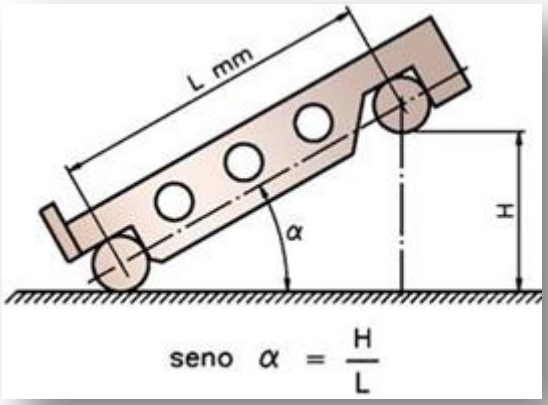
b - a distância entre os centros dos cilindros deve ser precisa e conhecida (comprimento da Régua) e seus eixos devem estar mutuamente paralelos;

c - a superfície superior da Régua deverá ser plana e paralela ao eixo dos cilindros e equidistante de cada um deles.

Funcionamento

Quando os cilindros das Réguas são colocados sobre uma superfície plana de referência (desempeno), a superfície superior da Régua de seno estará paralela àquela superfície.

Partindo-se desta posição, se, por exemplo, um bloco padrão de dimensão conhecida for colocado sob um dos cilindros, o ângulo formado entre a superfície de referência e a Régua de seno será determinado pela equação abaixo conforme a figura:



Assim, para uma Régua de seno cuja distância entre cilindros é igual a 250 mm e a altura dos blocos padrão colocados sob um dos cilindros é de 10,500 mm, o ângulo formado entre a régua de seno e a superfície plana de referência será de:

$$Sen \propto = \frac{Bp}{cR}$$

sendo: Bp = 10,500 mm e cR = 250 mm

$$Sen \propto = \frac{10{,}500}{250} \ldots . Sen \propto = 0{,}42 \ldots . Sen \propto = 2º24'25"$$

Para se efetuar corretamente as medições, deve-se proceder da seguinte maneira:
a - colocar sobre a Régua de seno a peça de trabalho, de modo que a superfície de trabalho fique aproximadamente paralela à superfície de referência;

b - fazer a verificação do paralelismo através de Relógio comparador, anotando a diferença encontrada, observando o lado mais baixo;

c - fazer a correção da diferença da altura por meio de mais ou menos bloco padrão, cuja medida deverá ser igual a diferença registrada no Relógio comparador, multiplicada pela razão entre o comprimento da régua de seno e o comprimento medido na peça.

Desta maneira, se uma extremidade da peça de trabalho estiver com um desnível de 0,01 mm em relação à outra extremidade, se a Régua de seno tiver 250 mm entre os cilindros, e a peça tiver um comprimento de 100 mm, o incremento requerido na altura dos blocos padrão para fazer o nivelamento será de 0,025 mm, pois:

$$0{,}001\ x\ = \frac{250}{100} = 0{,}025\ mm$$

Mesa de seno

As Mesas de seno, são instrumentos evoluídos das Régua de seno e que possuem o mesmo princípio de funcionamento.

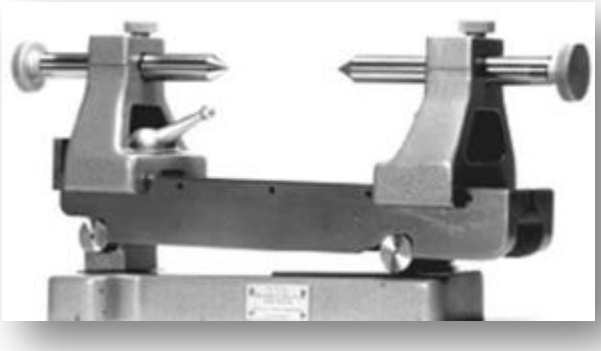
A Mesa de seno é construída para permitir a medição em peças de maior peso e volume, sendo, portanto, mais robusta que a Régua de seno que é apropriada para medições de ângulos em peças menores.

A Mesa de seno, ou bloco de seno, possui uma base, na qual se encaixa um dos cilindros, o que facilita sua inclinação. A Mesa assim como a Régua de seno, é construída em aço temperado e retificado, apoiada em cilindros de diâmetros iguais colocados paralelamente, com a distância entre seus centros rigorosamente controlada, garantindo, desta forma, sua precisão quando utilizada com Blocos padrão.

Tipos de mesa de seno

a - Mesa de seno para a verificação de ângulos em peças com a geratriz paralela a base

b - Mesa de seno para a verificação de ângulos em peças com a bissetriz paralela a base (medição de ângulos em peças cilíndricas ou cônicas apoiadas entre pontas).



Funcionamento

Para se efetuar a medição de um ângulo numa peça, coloca-se esta sobre a Mesa de seno, que deverá estar colocada sobre uma superfície plana de referência (desempeno), levanta-se a sua extremidade livre colocando-se Blocos padrão sob o cilindro, até se constatar o paralelismo da superfície superior da peça com a superfície da base, utilizando-se para isto, Relógio comparador.

Quando as leituras no Relógio comparador forem as mesmas ao longo da superfície da peça, significa que o ângulo da peça será o mesmo da Mesa, e poderá ser determinado pela fórmula:

Para o caso das Mesas de geratriz paralela

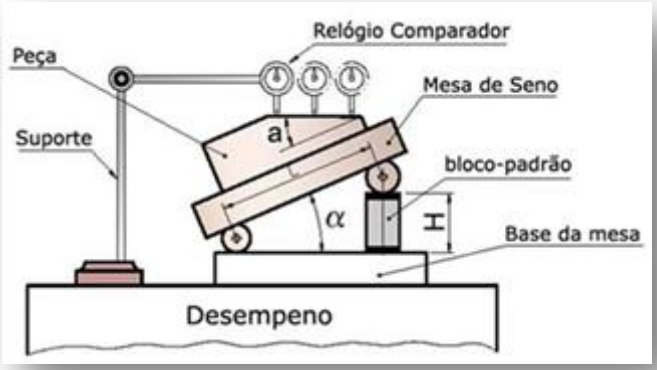
$$Sen \propto = \frac{Bp}{cM}$$

Para o caso das Mesas de bissetriz paralela.

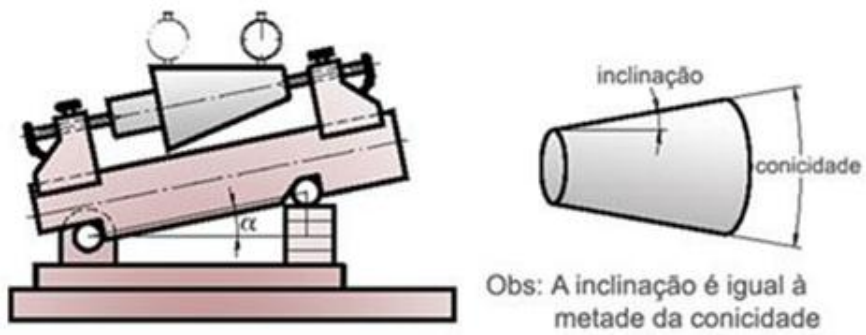
$$Sen \propto = \frac{\propto}{2} = \frac{Bp}{cM}$$

Técnica de utilização

Para medir o ângulo de uma peça com a mesa de seno, é necessário que a mesa esteja sobre o desempeno e que tenha como referência de comparação o relógio comparador.

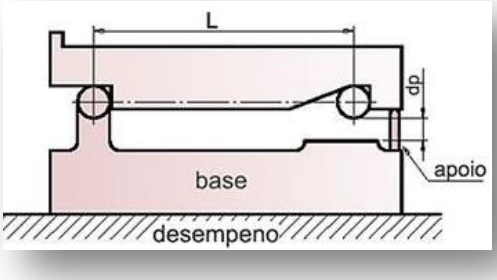


Se o relógio, ao se deslocar sobre a superfície a ser verificada, não alterar sua indicação, significa que o ângulo da peça é semelhante ao da mesa. Com a mesa de seno com contrapontas, podemos medir ângulos de peças cônicas. Para isso, basta inclinar a mesa, até a superfície superior da peça ficar paralela à base da mesa. Dessa forma, a inclinação da mesa será igual à da peça fixada entre as contrapontas.



Medição de pequenos ângulos

Para obter a igualdade de plano, colocam-se blocos-padrão que correspondam à diferença de altura entre a base e o cilindro. Com esse recurso, podemos fazer qualquer inclinação, por menor que seja, e ainda usar blocos-padrão protetores.



17. INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS DE MEDIÇÃO

Projetores de perfis

Quando uma peça é muito pequena, fica difícil visualizar seu perfil e verificar suas medidas com os aparelhos e instrumentos comuns.

Esse problema é resolvido com os projetores de perfil.
O projetor de perfil destina-se à verificação de peças pequenas, principalmente as de formato complexo. Ele permite projetar em sua tela de vidro a imagem ampliada da peça.Esta tela possui gravadas duas linhas perpendiculares, que podem ser utilizadas como referência nas medições.

O projetor possui uma mesa de coordenadas móvel com dois cabeçotes micrométricos, ou duas escalas lineares, posicionados a 90º.Ao colocar a peça que ser· medida sobre a mesa, obtemos na tela uma imagem ampliada, pois a mesa possui uma placa de vidro em sua área central que permite que a peça seja iluminada por baixo e por cima simultaneamente,projetando a imagem na tela do projetor.

O tamanho original da peça pode ser ampliado 5, 10, 20, 50 ou 100 vezes por meio de lentes intercambiáveis, o que permite a verificação de detalhes da peça em vários tamanhos.Em seguida, move-se a mesa até que uma das linhas de referência da tela tangencie o detalhe da peça e zera-se o cabeçote micrométrico (ou a escala linear). Move-se novamente a mesa até que a linha de referência da tela tangencie a outra lateral do detalhe verificado. O cabeçote micrométrico (ou a escala linear)indicará a medida. O projetor de perfil permite também a medição de ângulos, pois sua tela é rotativa e graduada de 1º a 360º em toda a sua volta.

Quando a peça é iluminada por baixo, observa-se na imagem apenas o seu perfil ou contorno e a projeção é dita diascópica. Iluminando-se a peça por cima, a projeção é dita episcópica e serve para fazer medições que não seriam possíveis através da imagem do contorno como é o caso de diâmetros e furos não vazados.

Máquinas de medir

Máquina de medir é o nome corrente para sistemas de medição geométrico de porte razoável e que se assemelham às máquinas-ferramenta no que se refere à estrutura.
As máquinas de medir, na sua concepção tradicional, estão perdendo importância pelo fato:

- de serem de aplicação dirigida, pois foram concebidas especialmente para medir certos grupos de peças;
- das máquinas de medir por coordenadas, totalmente universais em suas aplicações, assumirem com vantagens os trabalhos realizados pelas máquinas dedicadas;
- de representarem um elevado investimento financeiro.

Máquina ABBE

Assim denominada pelo fato de atender plenamente o princípio operacional formulado por Ernst Abbé, isto é, a escala que constitui o padrão de comprimento está alinhada à dimensão a controlar no objeto a medir. Desta forma as causas de erros ficam restritas à medição na escala, influências térmicas e da força de medição.

As máquinas tradicionais utilizam escalas ópticas graduadas, enquanto que as mais modernas servem-se de escalas eletro-ópticas, o que favorece a automatização da2 medição (figura 8.2). A incerteza de medição para comprimentos é da ordem de ±(0,5+L/1000) mm.

Estas máquinas encontram grande aplicações nos laboratórios de metrologia, em trabalhos como calibração de calibradores e medição de peças em geral.

Microscópio de medição

Assim denominado em função de utilizar um sistema óptico idêntico ao de um microscópio, para localizar ponto (aresta) de medição sobre a peça que está sendo medida.

Estes sistemas de medição destinam-se, principalmente para peças pequenas e dispõe de medidores de deslocamentos linear e angular. Uma aplicação bastante rotineira para microscópio é a medição de ângulos de rosca de peças em geral, inclusive de calibradores de rosca. Para facilitar a interpretação da imagem e a medição por sobre a mesma, os microscópios possuem junto à sua ocular uma máscara com os perfis de rosca normalizados.

Os microscópios, assim como os projetores de perfil podem operar pelos métodos de projeção episcópica e diascópica, conforme estejam a fonte de luz e imagem projetada do mesmo lado ou em lados opostos em relação à peça, respectivamente

Rugosímetro

O rugosímetro é um aparelho eletrônico amplamente empregado na indústria para verificação de superfície de peças e ferramentas (rugosidade). Assegura um alto padrão de qualidade nas medições. Destina-se à análise dos problemas relacionados à rugosidade de superfícies.

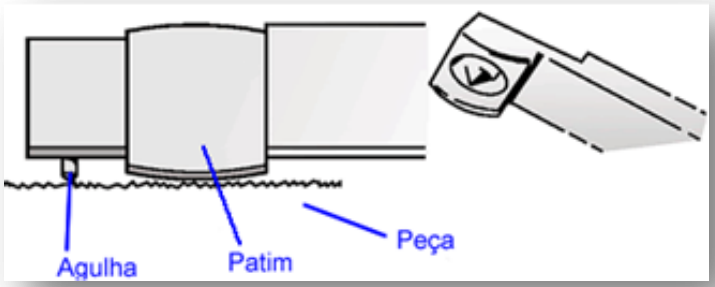
Inicialmente, o rugosímetro destinava-se somente à avaliação da rugosidade ou textura primária. Com o tempo, apareceram os critérios para avaliação da textura secundária, ou seja, a **ondulação**, e muitos aparelhos evoluíram para essa nova tecnologia. Mesmo assim, por comodidade, conservou-se o nome genérico de rugosímetro também para esses aparelhos que, além de rugosidade, medem a ondulação.

Os rugosímetros podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Aparelhos que fornecem somente a **leitura** dos parâmetros de rugosidade (que pode ser tanto analógica quanto digital).
- Aparelhos que, além da leitura, permitem o **registro**, em papel, do perfil efetivo da superfície.

Os primeiros são mais empregados em linhas de produção, enquanto os segundos têm mais uso nos laboratórios, pois também apresentam um gráfico que é importante para uma análise mais profunda da textura superficial.

Os aparelhos para avaliação da textura superficial são compostos das seguintes partes:
Apalpador - Também chamado de "pick-up", desliza sobre a superfície que será verificada, levando os sinais da agulha apalpadora, de diamante, até o amplificador.



Unidade de acionamento - Desloca o apalpador sobre a superfície, numa velocidade constante e por uma distância desejável, mantendo-o na mesma direção.

Amplificador - Contém a parte eletrônica principal, dotada de um indicador de leitura que recebe os sinais da agulha, amplia-os, e os calcula em função do parâmetro escolhido.

Registrador - É um acessório do amplificador (em certos casos fica incorporado a ele) e fornece a reprodução, em papel, do corte efetivo da superfície.

Processo da determinação da rugosidade
Esse processo consiste, basicamente, em percorrer a rugosidade com um **apalpador** de formato normalizado, acompanhado de uma guia (**patim**) em relação ao qual ele se move verticalmente.

Enquanto o apalpador acompanha a rugosidade, a guia (patim) acompanha as ondulações da superfície. O movimento da **agulha** é transformado em impulsos elétricos e registrado no mostrador e no gráfico.

18. NORMAS DE CALIBRAÇÃO ISO/IEC 17025

Visão Geral da NBR ISO/IEC 17025

ISO/IEC 17025 Requerimentos gerais para Laboratórios de Ensaio e Calibração é uma norma ISO padrão usado para padronização de teste para os laboratórios de ensaio e calibração.

Originalmente conhece por ISO/IEC Guia 25, ISO/IEC 17025 estava inicialmente editado pela Organização Internacional para Padronização de 1999 . Há muitas aspectos comuns com o padrão ISO 9000, porém ISO/IEC 17025 adicionou no conceito de competência para igualdade. E estas aplicações diretamente para estas organizações que testam e calibram. Desde o início da liberdade de publicação, uma segunda edição estava fazendo em 2005 depois da concordância que ele necessitava ter uma qualidade de nomenclatura mais alinhado com a 2000 versão da ISO 9001 .

A avaliação inicial consiste de uma visita da equipe de avaliação às instalações objeto da solicitação da acreditação e às instalações associadas, a qual o laboratório pertence, com o objetivo de verificar por meio de evidências objetivas:

a) a implementação do sistema de gestão estabelecido no Manual da Qualidade e na documentação associada, que devem atender aos requisitos da acreditação;

b) a competência técnica do laboratório para realizar os serviços para os quais solicitou a acreditação.

A duração de uma avaliação inicial varia, normalmente, de 02 a 05 dias, sendo que o programa de avaliação é elaborado em função do escopo solicitado, dos tipos de instalações a serem visitadas e da complexidade do sistema de gestão do laboratório ou da organização. Todos os documentos e registros referentes ao sistema de gestão do laboratório e aos serviços para os quais o laboratório está solicitando a acreditação devem estar disponíveis para a equipe de avaliação.

A norma estabelece requisitos gerenciais e técnicos para a implementação de sistema de gestão da qualidade em laboratórios de ensaio e calibração;

Não cobre requisitos de segurança e regulamentos sobre a operação de laboratórios;

O atendimento a esta norma atende a NBR ISO 9001;

O atendimento a NBR ISO 9001 não demonstra a competência do laboratório para produzir resultados tecnicamente válidos.

Formato da norma

Dividida em:
Seção 4 - Requisitos da gerência
Seção 5 - Requisitos técnicos

Seção 4 - Requisitos da gerência

4.1 Organização

- Estabelecer responsabilidades e estrutura organizacional;
- Gerenciar as atividades realizadas nas instalações permanentes, temporária, em campo e móvel;
- Ter uma gerência técnica e um gerente da qualidade;
- Proteger as informações confidenciais e direitos de propriedade do cliente;
- Estabelecer medidas para que a gerência e o pessoal do laboratório estejam livres de quaisquer pressões e influências indevidas, que possam afetar a qualidade de seus trabalhos.

4.2 Sistema da Qualidade

- Estabelecer, implementar e manter um sistema da qualidade, documentado na extensão necessária para assegurar a qualidade dos resultados de ensaios e/ou calibrações;
- Elaborar manual da qualidade que inclua pelo menos:

políticas e objetivos da qualidade, procedimentos ou faça referência, responsabilidades do GT e GQ e estrutura da documentação do SQ.

4.3 Controle dos documentos

Controlar todos os documentos que fazem parte de seu SQ, assegurando analise crítica e aprovação por pessoal competente e a sua disponibilidade ao pessoal.

4.4 Análise critica dos pedidos, propostas e contratos

- Documentar e entender os requisitos solicitados pelos clientes;
- Ter capacidade e recursos para atender os requisitos do cliente;
- Selecionar o método de calibração ou ensaio mais apropriado.

4.5 Subcontratação de ensaios e calibrações

- Assegurar que o subcontratado seja competente e aceito pelo cliente.

4.6 Aquisição de serviços e suprimentos

- Assegurar que os serviços e suprimentos adquiridos, que possam afetar a qualidade dos ensaios ou calibrações, estejam de acordo com as especificações.

4.7 Atendimento ao cliente

- Oferecer cooperação ao cliente e permitir que este monitore o desempenho do laboratório em relação ao trabalho realizado.

4.8 Reclamações

- Solucionar as reclamações de clientes recebidas.

4.9 Controle dos trabalhos de ensaio e/ou calibração não conforme

- Tomar ações imediatas quando qualquer aspecto de seu trabalho de ensaio e/ou calibração não estiverem em conformidade com seus próprios procedimentos ou com os requisitos acordados com os clientes.

4.10 Ação corretiva

- Implementar ações corretivas para eliminar as causas de uma determinada não-conformidade, evitando a sua reincidência.

4.11 Ação preventiva
- Implementar ações para prevenir a ocorrência de não-conformidades e buscar a melhoria contínua.

4.12 Registros
- Manter registros técnicos e da qualidade legíveis de forma a permitir que as informações contidas nestes possam ser recuperadas a qualquer momento.

4.13 Auditorias internas
- Verificar, periodicamente, se suas atividades continuam a atender os requisitos do SQ e da NBR ISO/IEC 17025.

4.14 Análise crítica pela gerência
- Assegurar a contínua adequação e eficácia do sistema da qualidade e das atividades de ensaio e/ou calibração e introduzir mudanças ou melhorias necessárias.

Seção 5 - Requisitos técnicos

5.1 Generalidades
- Fatores que determinam a confiabilidade dos resultados de ensaio e calibração.

5.2 Pessoal
- Assegurar a competência do pessoal para operar equipamentos, realizar ensaios e calibrações, analisar e aprovar resultados.

5.3 Acomodações e condições ambientais
- Verificar as instalações e monitorar as condições ambientais de forma a evitar que os resultados dos ensaios e calibrações sejam invalidados.

5.4 Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos
Assegurar que somente métodos apropriados sejam utilizados:
amostragem, transporte, preparação dos itens, operação de equipamentos, ensaio, calibração, análise de dados, incerteza de medição.

5.5 Equipamentos
Assegurar que os equipamentos e softwares utilizados pelo laboratório atendam à exatidão requerida e às especificações dos ensaios e calibrações.

5.6 Rastreabilidade da medição
- Assegurar a rastreabilidade ao SI dos seus próprios materiais de referência e dos padrões e instrumentos de medir que tiverem efeito significativo sobre os resultados dos ensaios e calibrações;
- Quando a rastreabilidade ao SI não for possível, utilizar materiais de referência certificados, métodos e padrões consensados e participar de comparações interlaboratoriais.

5.7 Amostragem
- Ter planos e procedimentos para amostragem que assegurem a validade e aplicabilidade dos resultados do ensaio e calibração.

5.8 Manuseio de itens de ensaio e calibração

- Transportar, receber, armazenar, preparar, proteger, reter e remover os itens de ensaio e calibração de forma a assegurar sua segurança e integridade e sua adequação para o ensaio ou calibração.

5.9 Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração

- Monitorar a validade dos resultados de ensaio e calibração por meio de atividades de controle da qualidade: *comparações interlaboratoriais ou intralaboratoriais, reensaio ou recalibração de itens retidos, etc.*

5.10 Apresentação de resultados

- Relatar os resultados dos ensaios e calibrações com exatidão, clareza, sem ambiguidade, incluindo toda a informação solicitada pelo cliente e necessária à sua interpretação.

Calibração de Paquímetros

O paquímetro, um dos instrumentos mais utilizados para medições externas, internas e de profundidade deve ser calibrado regularmente.
Referências
- ABNT-EB-971.
- DIN-872, JIS-B-7507.
- V.I.M
- G.U.M.

Definições

- Erro de Indicação - Diferença entre a indicação no Paquímetro e o V.V.C.
- Indicação - Valor da dimensão indicada no Paquímetro.
- Valor Verdadeiro Convencional - V.V.C. - Valor que caracteriza uma grandeza perfeitamente definida, neste caso, corresponde a dimensão do Padrão utilizado.

Condições Ambientais

Temperatura: (20 ± 1) ºC.
Umidade Relativa do Ar: (50 ± 10) %.

Instrumentos Necessários

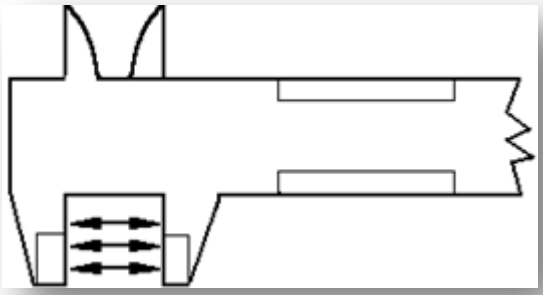
- Apalpador Eletrônico;
- Arame para Medição de Roscas;
- Cantoneira;
- Desempeno de Granito;
- Máquina de Medir por Coordenadas;
- Padrão Escalonado para Paquímetros e,
- Projetor de Perfil.

Nota: Não são necessários todos os instrumentos acima.

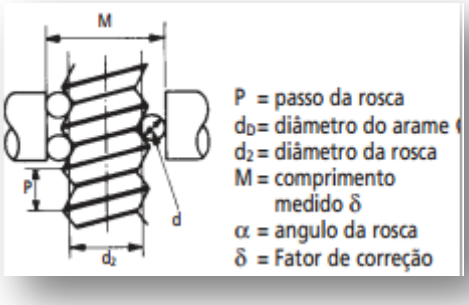
Procedimento

Verificação visual das condições do Instrumento:
- Verificar a existência de áreas que apresentem algum dano superficial que possa prejudicar ou impedir a calibração. Havendo algum dano e dependendo de sua gravidade e interferência nos resultados, deve-se um promover o reparo.

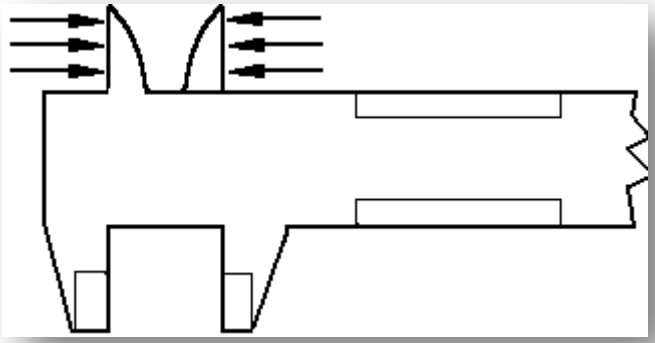
Calibração do Paralelismo entre as garras de Medições Externas:
- Utilizando o Padrão Escalonado para Paquímetros fazer uma série de 3 (três) medições em cada ponto indicado na figura 1.



* Esta medição também pode ser realizada com a utilização de Arame para Medição de Roscas.



- Registrar a diferença entre a maior e a menor indicação no Memorial de Cálculos.
Calibração do Paralelismo entre as garras de Medições Internas:
O Desvio de Paralelismo é determinado realizando-se uma série de medições com as garras de Medições Internas no Padrão Escalonado para Paquímetros nas posições indicadas na figura.



- Registrar a diferença entre a maior e a menor indicação no Memorial de Cálculos.
Calibração da Coplanaridade das Superfícies A/B e C/D:

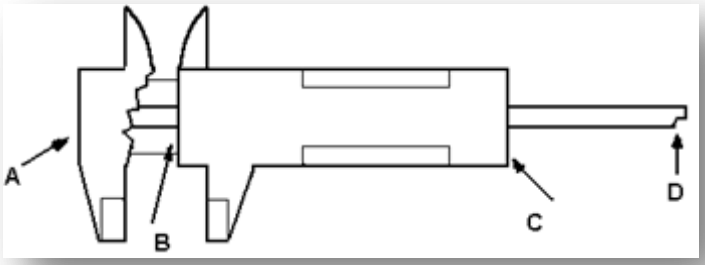
Técnica 1:

- Fechar o Paquímetro fazendo coincidir o "zero" da escala da Régua com o "zero" da escala do cursor.
- Posicionar o Paquímetro sobre o Desempeno da Máquina de Medir por Coordenadas, fazer um alinhamento parcial na "face A" (através da função plano).

- Através da função Plano da Máquina de Medir por Coordenadas, fazer a medição dos planos A e B e fazer a medição da distância entre esses planos utilizando os dados da memória do programa de Medição da Máquina. (figura 3)

Técnica 2:

Esta operação pode também ser feita fixando o Paquímetro em uma Cantoneira sobre o Desempeno, utilizando um Apalpador Eletrônico:
- Nivelar a face maior e dimensione o desvio na face menor.
- Registrar o desvio encontrado no Memorial de Cálculos.
- Efetuar as operações anteriores fazendo o alinhamento (ou nivelamento) pela "face C" e dimensionando o desvio na "face D". Isto se aplica às duas opções.



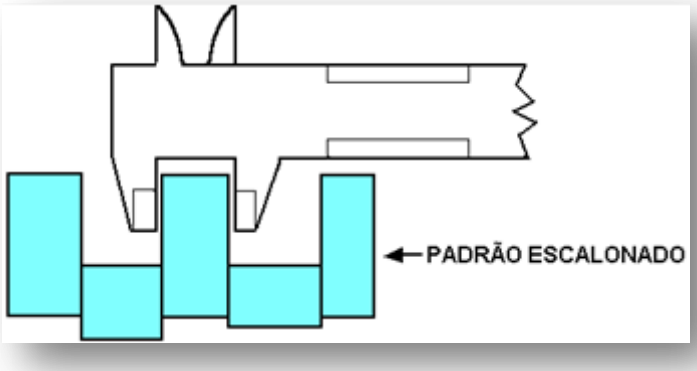
Calibração da Concordância do "zero" da Escala da Régua com o "zero" da Escala do Cursor:

- Posicionar o Paquímetro fechado na Mesa do Projetor de Perfil, fixando-o com o auxílio de uma Morsa, através da projeção episcópica (reflexão), corrigir o foco e fazer a calibração da coincidência do "zero" da escala principal com o "zero" da escala do cursor.
- Registrar o desvio encontrado no Memorial de Cálculos.

Calibração da Graduação da Escala do Instrumento:

Medições Externas:

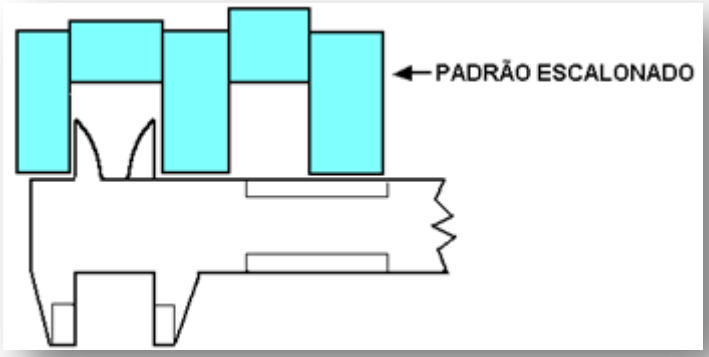
- Fazer diversas medições ao longo da escala do Instrumento utilizando o Padrão Escalonado para Paquímetros, medindo sempre na posição central das garras de medições externas, conforme figura 4.



- Registrar as dimensões encontradas na tabela de Erros de Indicação do Memorial de Cálculos.

Medições Internas:

- Utilizando-se o Padrão Escalonado para Paquímetros fazer diversas medições ao longo da escala do Instrumento utilizando as garras de medições internas, medindo sempre na posição central das garras de Medições Internas, conforme Figura 5.



- Registrar as dimensões encontradas na tabela de erros de indicação do Memorial de Cálculos.

Número de Medições:

Deve-se efetuar no mínimo 3 (três) vezes cada medição e calcular a média aritmética.

19. CONVERSÃO DE UNIDADES

1 - Polegada em milímetro

Para converter polegada em milímetro, basta multiplicar o valor em polegada por 25,4.

Exemplo:
2” = 2 . 25,4 = 50,8 mm

Fracionária em milímetro
Numerador x 25,4 = Resultado ÷Denominador

Ex: 3/4” ⟶ **3** x 25,4 = 76,2 ÷ **4** = 19,05 mm

2 - Milímetro em polegada fracionária

Para converter milímetro em polegada, basta multiplicar o valor em milímetro por 5,04 e dividir o resultado por 128.

Exemplo:
5mm
5 . 5,04 = 25,02”/ 128 = 25,2”/ 128 que se deve arredondar para 25”/ 128

Outra maneira consiste em dividir por 25,4 e multiplicar o numerador e o denominador por 128:
5/ 25,4 . 128 = 25,2 dar denominador 128
25,2”/128 arredondamento = 25”/ 128

Regra prática: (somente até uma polegada)
mm x 5 = Resultado (**Arredondar para + sempre)** dar como denominador 128 e simplificar a fração.

Ex: 19,05 mm ⟶ 19,05 x 5 = 95,25 ∴ 96 / 128 = 3/4”

3 - Polegada milesimal em polegada fracionária

Para converter milésimo da polegada em fração de polegada, basta multiplicar o valor em milésimo por uma das divisões da polegada, dando para denominador (128) a mesma divisão tomada, formando a fração.

Exemplo:
Converter em fração .125”
(.125”. 128) = 16 Dar denominador 128 = 16”/ 128 = 8”/ 64 = 4”/ 32 = 2”/ 16 = 1”/ 8

Polegada milesimal x 128 = Resultado e dar como denominador 128. simplificar a fração.

Ex: 0.750”⟶ 0.750 x 128 = 96 ∴ 96/128 = 3/4 “

4 - Polegada fracionária em polegada milesimal

Numerador ÷ Denominador

Ex: 3/4" ⟶ 3 ÷ 4 = 0,75”

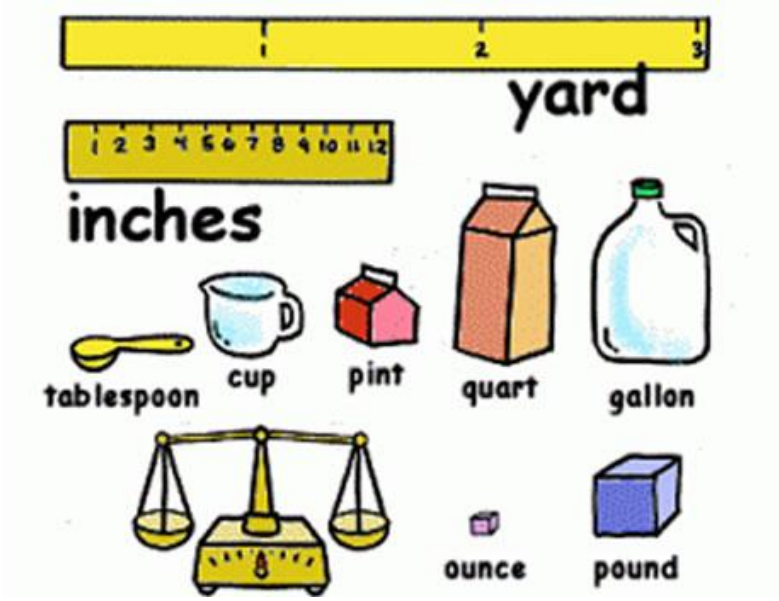
5 - Milímetro em polegada milesimal

Para converter milímetro em milésimo de polegada, basta dividir o valor em milímetro por 25,4.
Exemplo:
Transformar 25mm em milésimos de polegada:
mm/ 25,4 = 25/ 25,4 = .9842” mm ÷ 25,4

6 - Polegada milesimal em milímetro

Para converter milésimo em milímetro, basta multiplicar o valor em milésimo por 25,4.
Exemplo:
Converter .375” em milímetro:
.375 . 25,4 = 9,525 mm

Ex: 0.750” ⟶ 0,750 x 25,4 = 19,05 mm



20. CADERNO DE EXERCÍCIOS

1- Conceitos básicos sobre medição

1.1- Simplifique as frações

Exercício 1

$\frac{6}{32"} =$

$\frac{8}{16"} =$

$\frac{16}{64"} =$

$\frac{48}{128"} =$

1.2- Marque com um x a resposta correta

Exercício 2
A ciência das medidas e das medições denomina-se:
a) ( ) simbologia;
b) ( ) fisiologia;
c) ( ) metrologia;
d) ( ) numerologia

Exercício 3
Os múltiplos e submúltiplos do metro estão entre:
a) ( ) metro e micrometro;
b) ( ) exametro e attometro;
c) ( ) quilômetro e decâmetro;
d) ( ) metro e milímetro

Exercício 4
Um sistema totalmente diferente do sistema métrico é o:
a) ( ) japonês;
b) ( ) francês;
c) ( ) americano;
d) ( ) inglês.

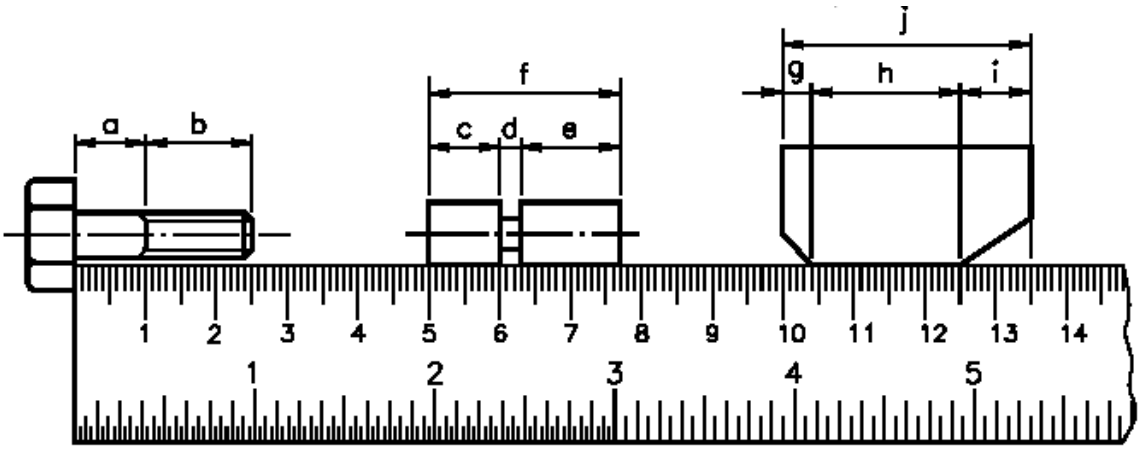
Exercício 5
Os instrumentos mais comuns de medidas linear são:
a) ( ) paquímetro, régua graduada, altímetro;
b) ( ) régua graduada, metro articulado, trena;
c) ( ) torquímetro, trena, paquímetro;
d) ( ) esquadro, compasso, metro articulado.

Exercício 6

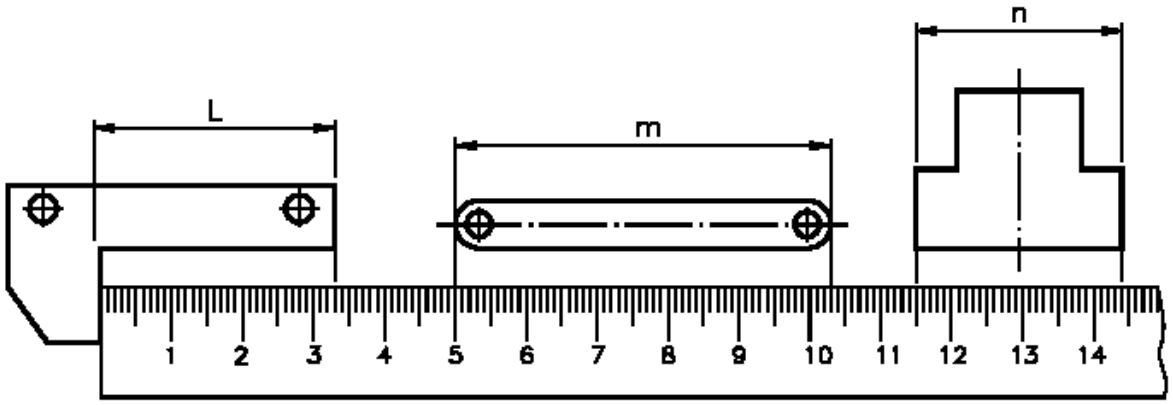
A régua graduada mais usada em oficina é a de:

a) ( ) 200 mm e 500 mm;
b) ( ) 250 mm e 500 mm;
c) ( ) 100 mm e 350 mm;
d) ( ) 1000 mm e 300 mm .

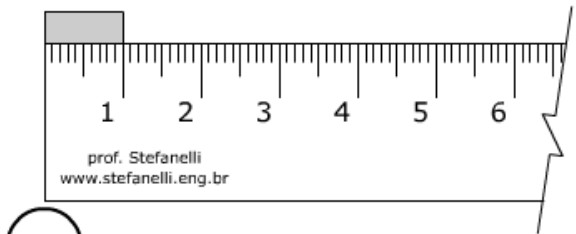
1.3- Faça a leitura das seguintes escalas do sistema métrico:



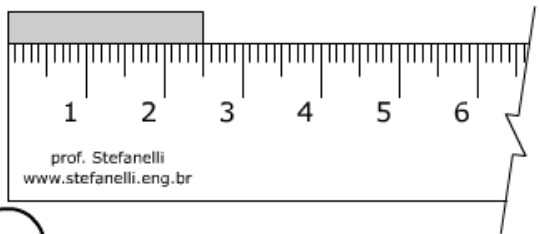
a) ..... b) ..... c) ..... d) ..... e) ..... f) ..... g) ..... h) ..... i) ..... j) .....



l) ..... m) ..... n) .....

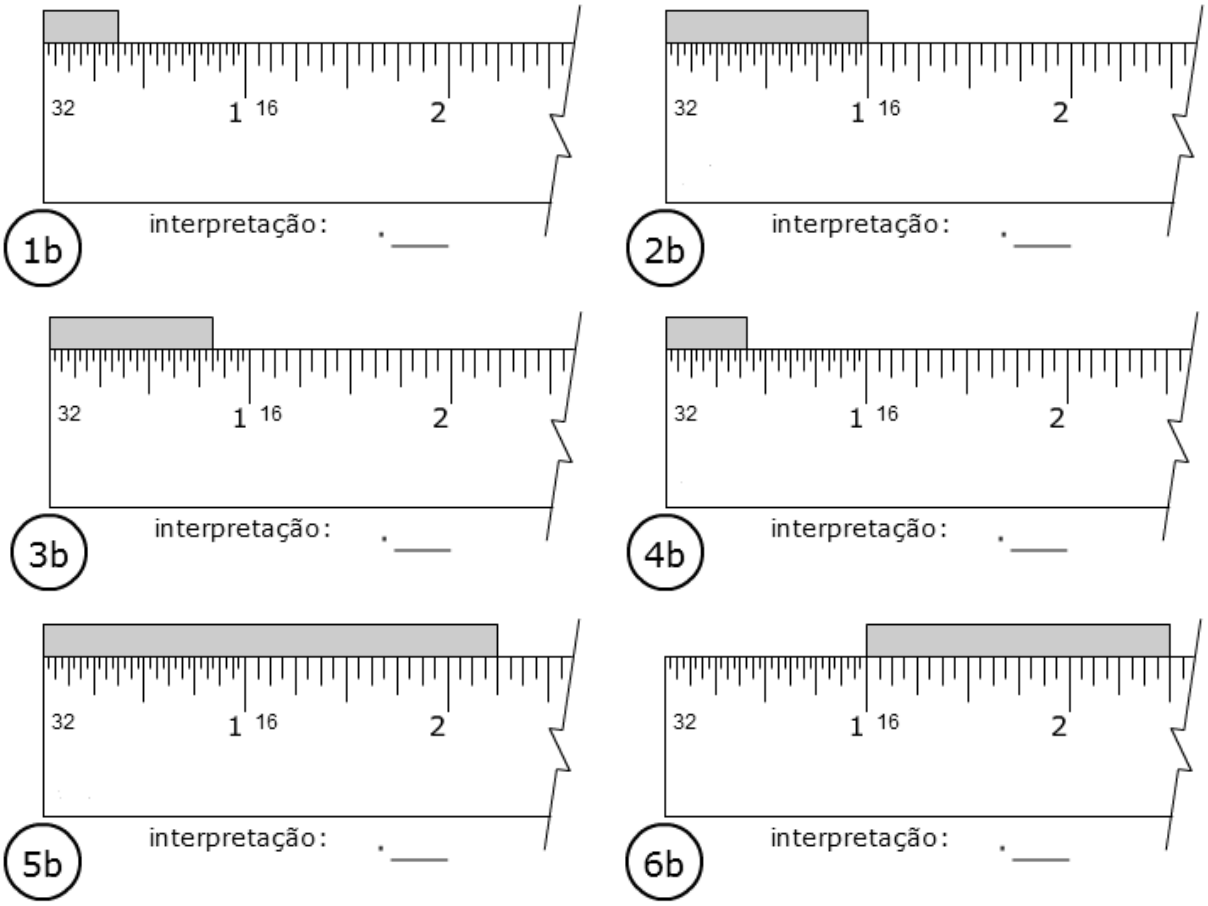


1a interpretação: _____



2a interpretação: _____

1.4- Faça a leitura das seguintes escalas da polegada fracionária:



2 – Conversão de unidades

2.1- Converta as seguintes unidades

$a)\frac{3}{64"} = _____ mm$ $b)\frac{19}{32"} = _____ mm$ $c)\frac{9}{16"} = _____ mm$

$d)3\frac{5}{8"} = _____ mm$ $e)5" = _____ mm$ $f)\frac{1}{8"} = _____ mm$

$g)5{,}56\ mm = __$ $H)49{,}21\ mm = __$ $i)9{,}52mm = __$

$j)\frac{3}{64"} = _____ mil$ $k)\frac{19}{32"} = _____ mil$ $l)2\frac{9}{16"} = _____ mil$

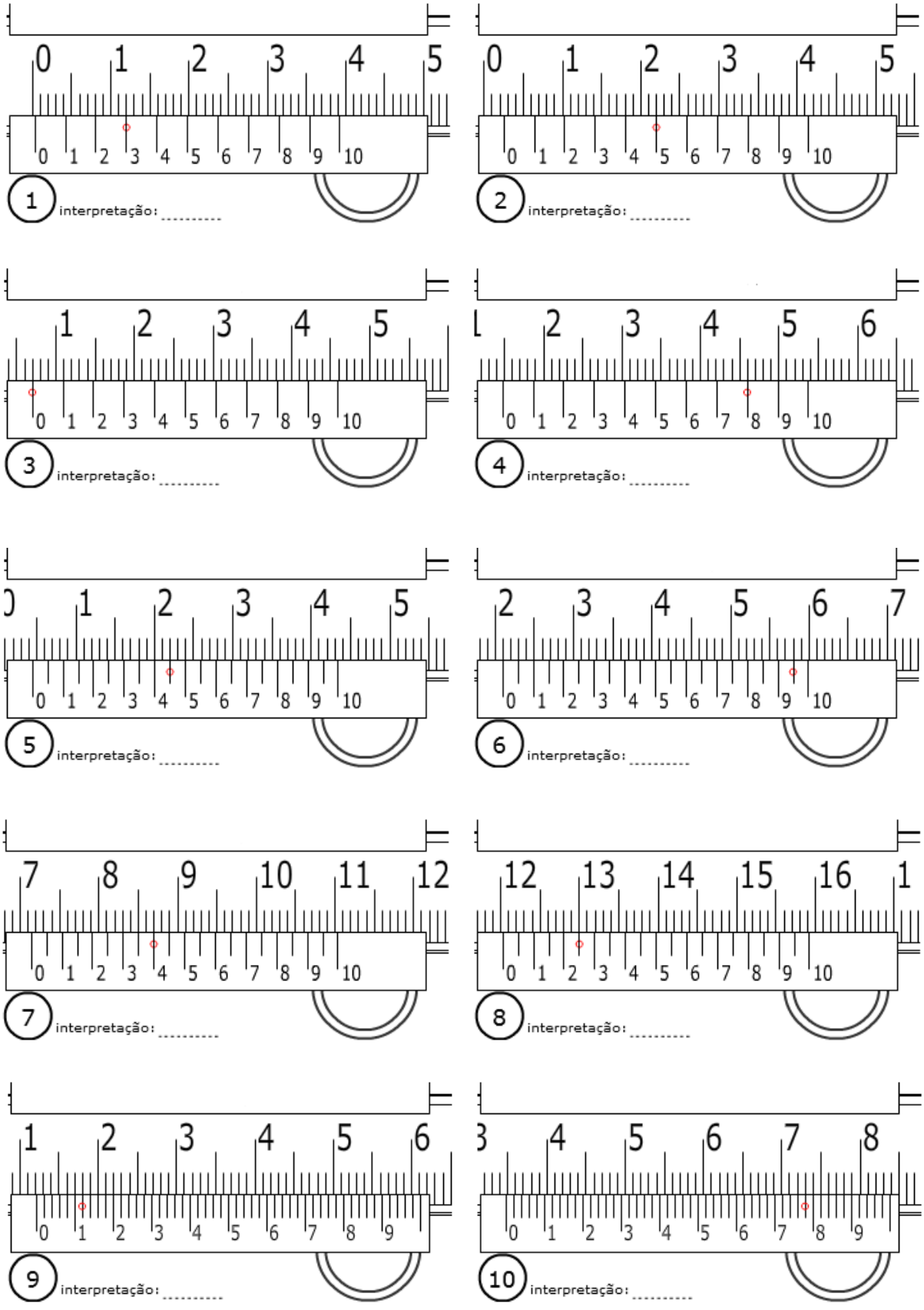
$m)0.250" = __$ n)1.871" = — $o)0.984" = __$

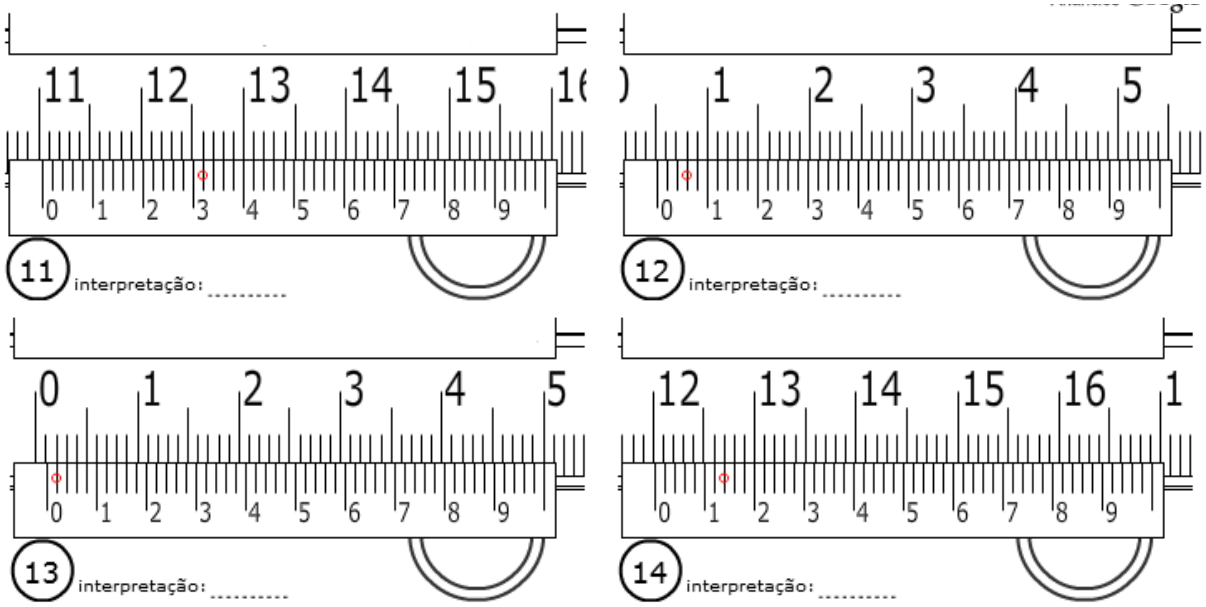
$p)11{,}11mm = _____ mil$ q)12,07mm = _____ mil $r)66{,}67mm = _____ mil$

$s)0.117"$=_____mm t)2.500" = _____mm $u)0.389"$ = _____mm

3 – Paquímetro do sistema métrico

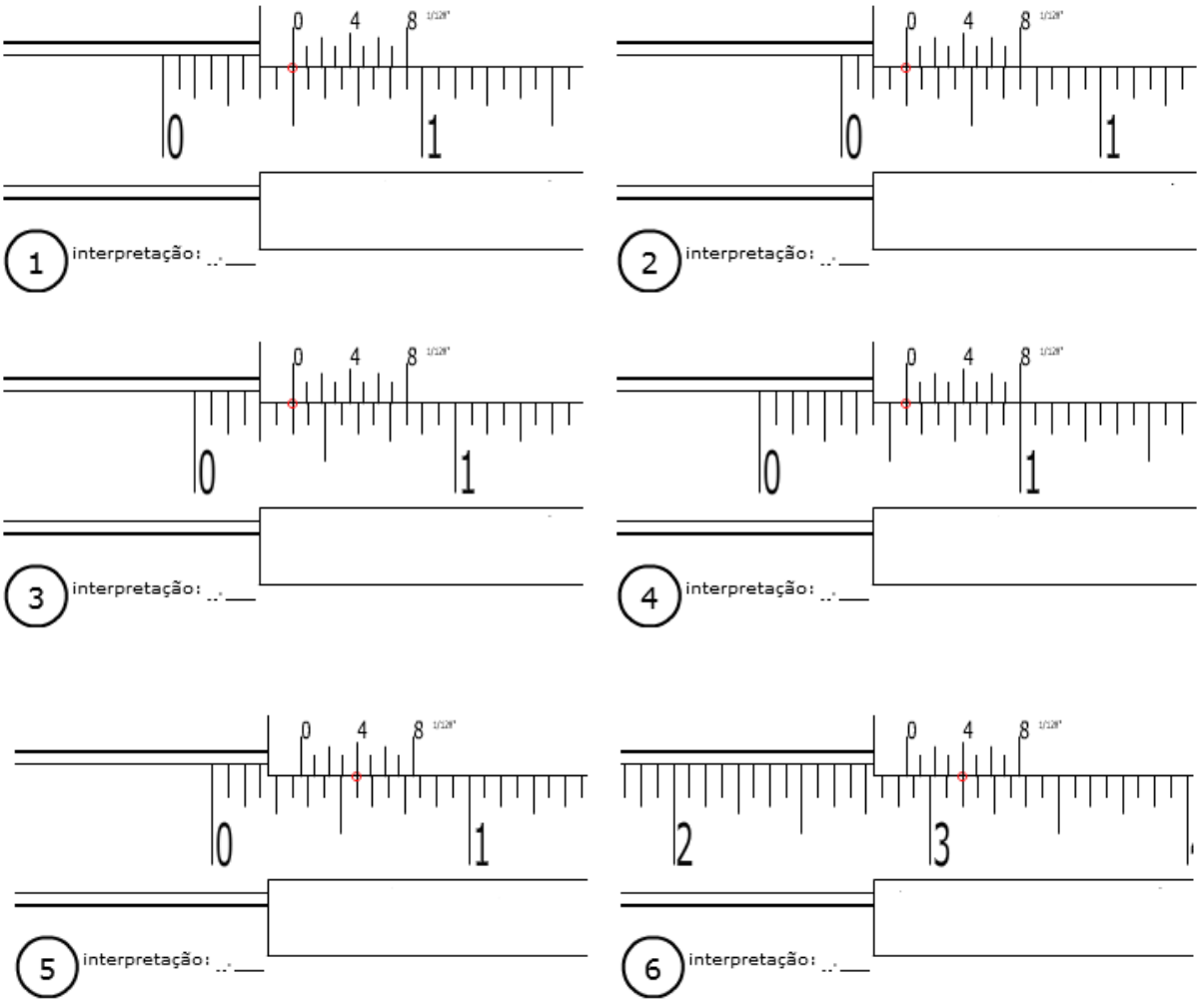
3.1- Faça a leitura dos paquímetros (0,1 mm. 0,05 mm e 0,02mm):



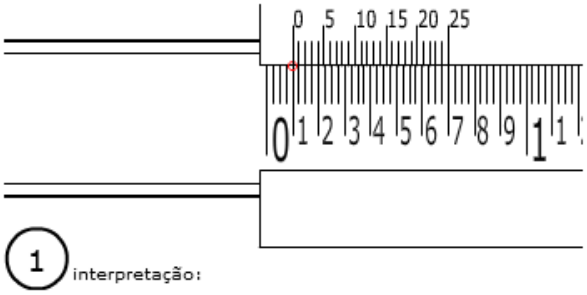


4 – Paquímetro do sistema inglês

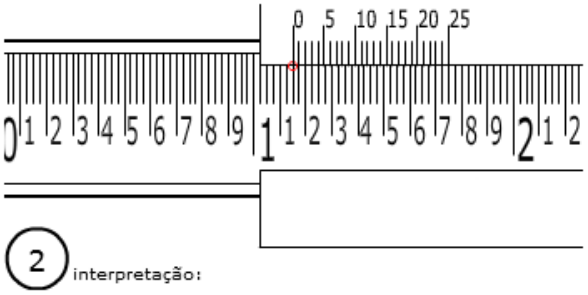
4.1- Faça a leitura do paquímetro (sistema fracionário):



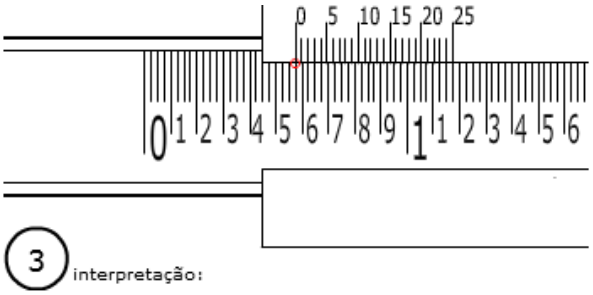
4.2- Faça a leitura do paquímetro (sistema milesimal):



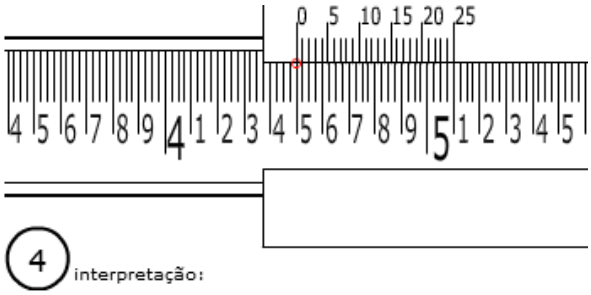
1 interpretação:



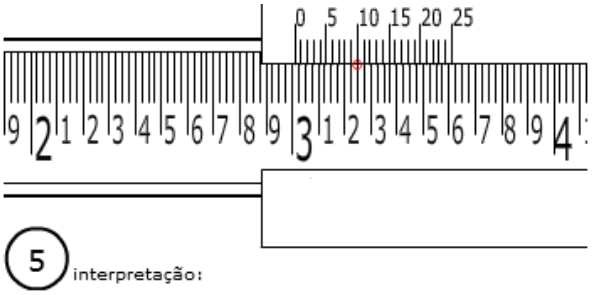
2 interpretação:



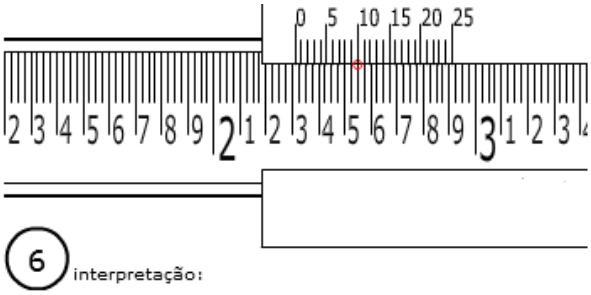
3 interpretação:



4 interpretação:



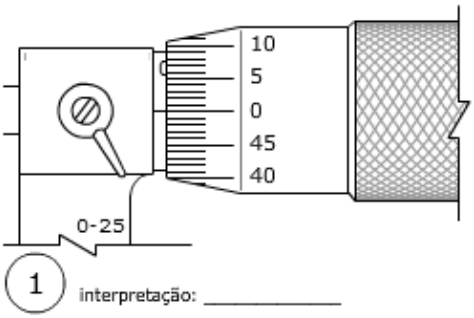
5 interpretação:



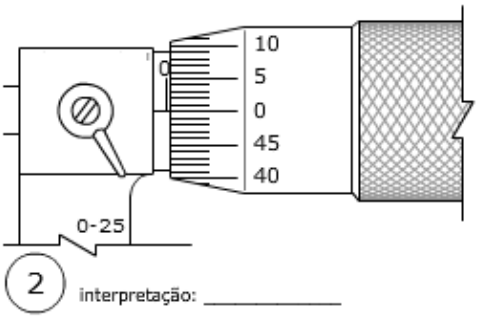
6 interpretação:

5 – Micrômetro em milímetro

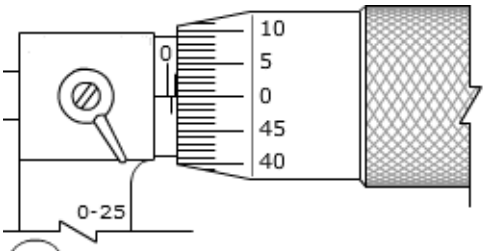
5.1- Faça a leitura dos micrômetros (0,01 e 0,001):



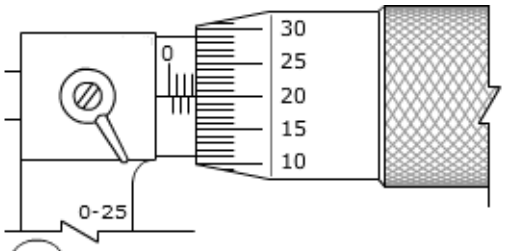
1 interpretação: _____



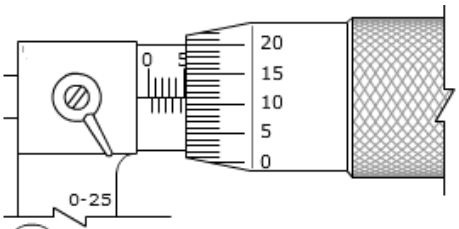
2 interpretação: _____



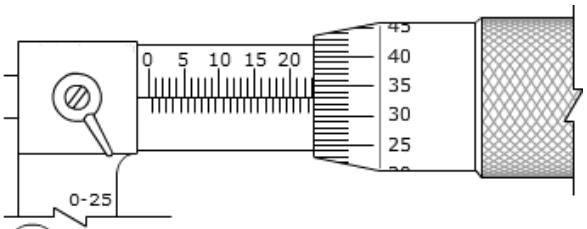
3 interpretação: _____



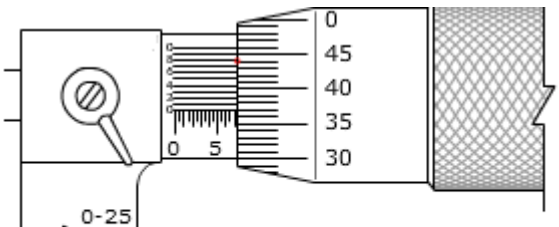
4 interpretação: _____



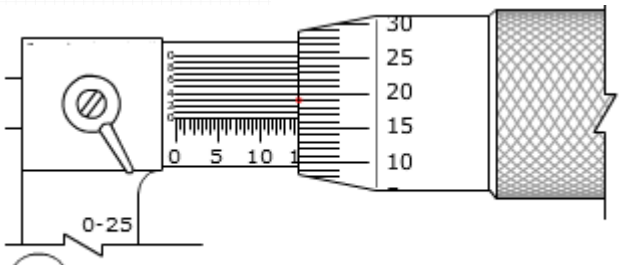
5 interpretação: _____



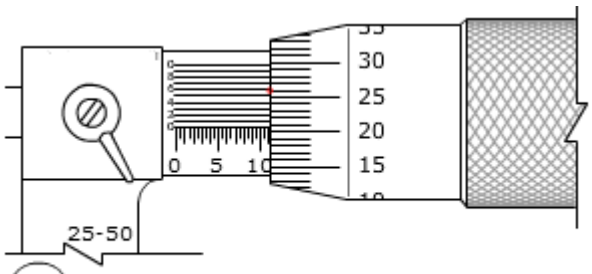
6 interpretação: _____



7 interpretação: _____

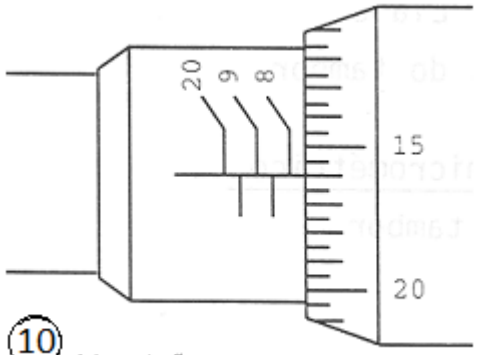


8 interpretação: _____

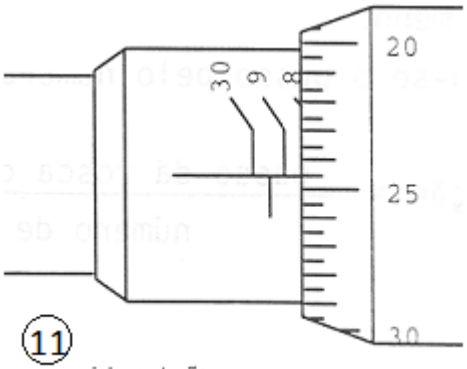


9 interpretação: _____

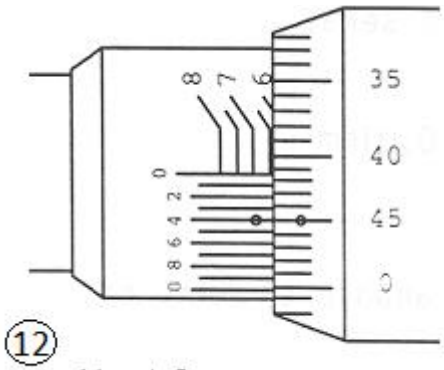
5.2- Faça a leitura do Imicro:



10 interpretação: _____



11 interpretação: _____

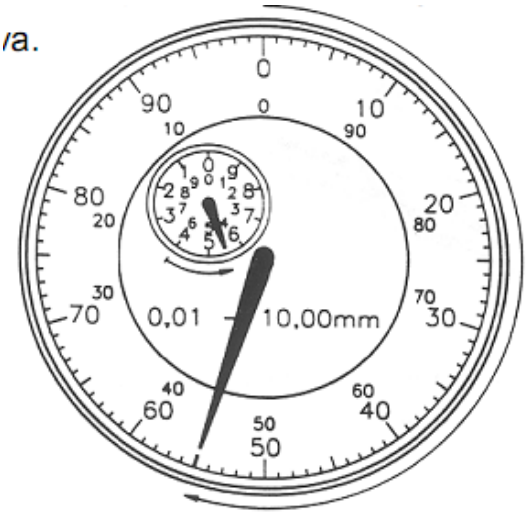


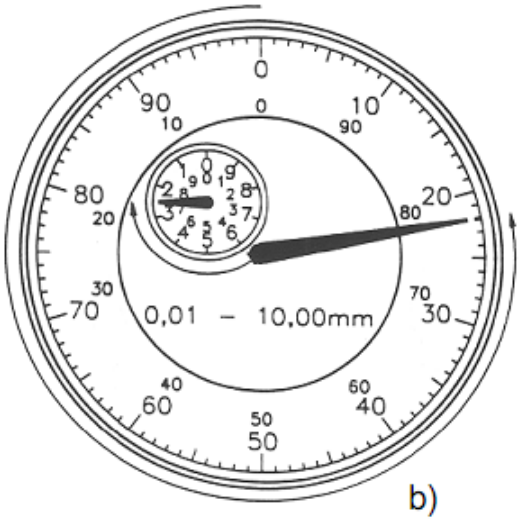
12 interpretação: _____

6 – Relógio comparador

6.1- Faça a leitura do relógio em milímetros

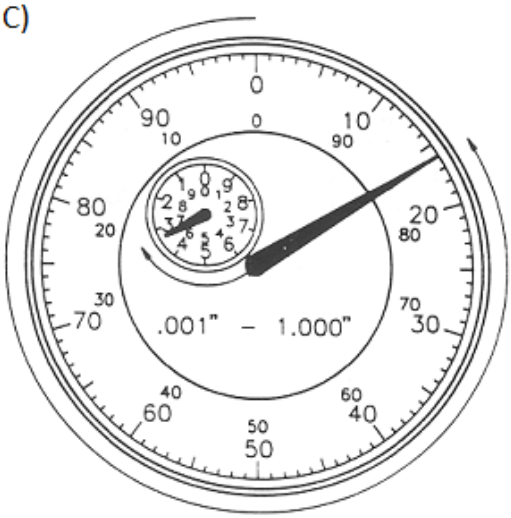
a.

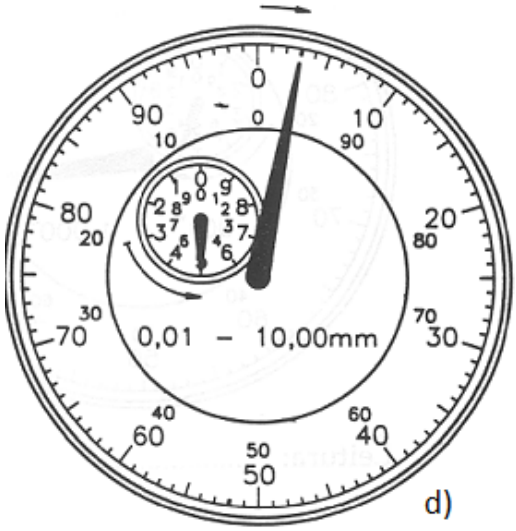




b)

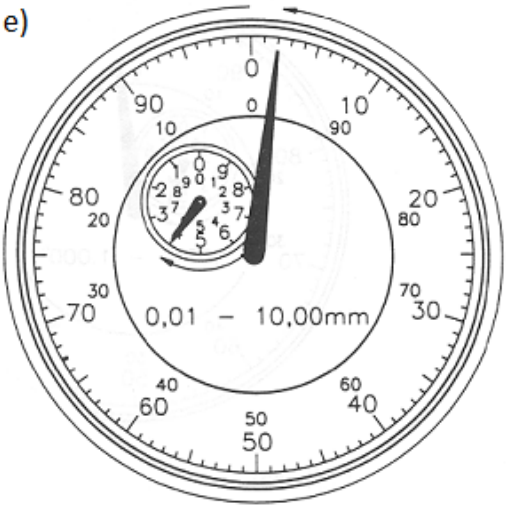
C)





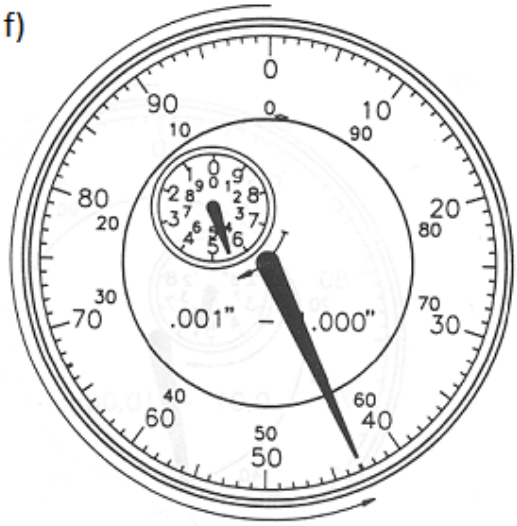
d)

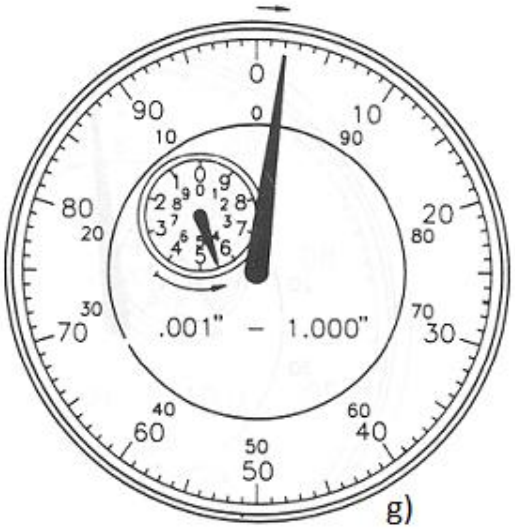
e)



6.2- Faça a leitura do relógio em polegadas

f)

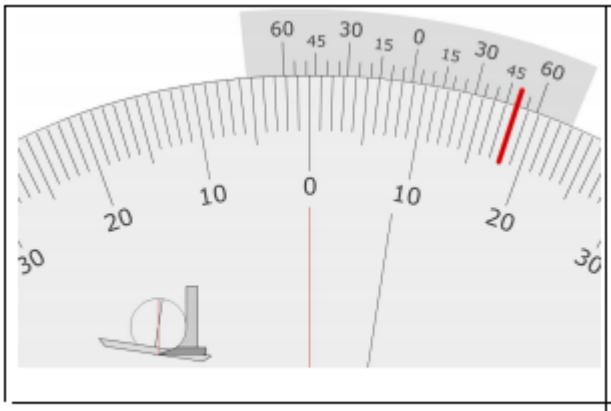




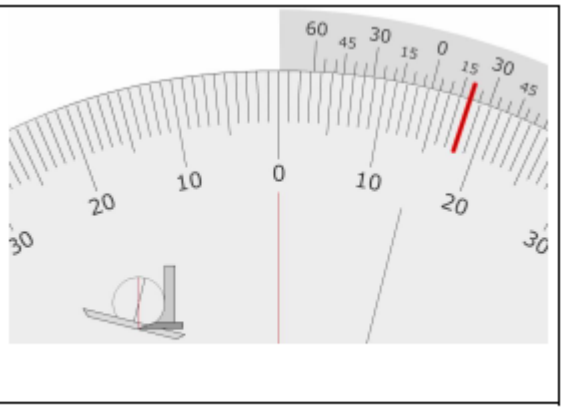
g)

7 – Goniômetro

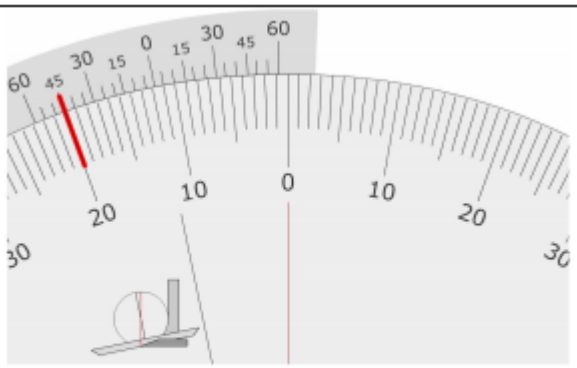
7.1- Faça a leitura do goniômetro de nônio 5’



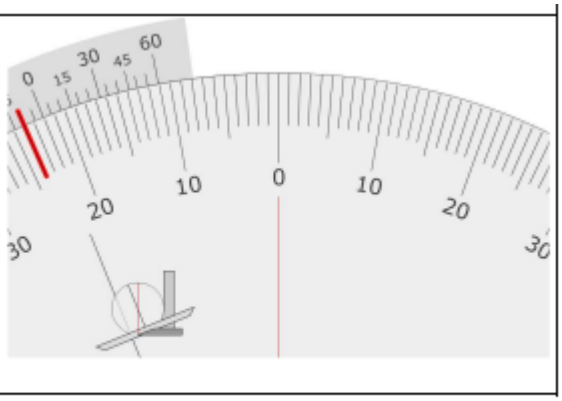
Resultado A:



Resultado B:



Resultado C:



Resultado D: